Economic Analysis

Research Paper Series

The Effect of Changing Technology Use on Plant Performance in the Canadian Manufacturing Sector

by John R. Baldwin and David Sabourin

No. 020

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

ECONOMIC ANALYSIS RESEARCH PAPER SERIES

The Economic Analysis Research Paper Series provides for the circulation of research conducted by the staff of National Accounts and Analytical Studies, visiting Fellows and academic associates. The research paper series is meant to stimulate discussion on a range of topics including the impact of the New Economy, productivity issues, firm profitability, technology usage, the effect of financing on firm growth, depreciation functions, the use of satellite accounts, savings rates, leasing, firm dynamics, hedonic estimations, diversification patterns, investment patterns, the differences in the performance of small and large, or domestic and multinational firms, and purchasing power parity estimates. Readers of the series are encouraged to contact the authors with comments, criticisms and suggestions.

The primary distribution medium for the papers is the Internet. These papers can be downloaded from the Internet at www.statcan.ca for free. Papers in the series are distributed to Statistics Canada Regional Offices and provincial statistical focal points.

All papers in the Economic Analysis Series go through institutional and peer review to ensure that they conform to Statistics Canada's mandate as a government statistical agency and adhere to generally accepted standards of good professional practice.

The papers in the series often include results derived from multivariate analysis or other statistical techniques. It should be recognized that the results of these analyses are subject to uncertainty in the reported estimates.

The level of uncertainty will depend on several factors: the nature of the functional form used in the multivariate analysis; the type of econometric technique employed; the appropriateness of the statistical assumptions embedded in the model or technique; the comprehensiveness of the variables included in the analysis; and the accuracy of the data that are utilized. The peer group review process is meant to ensure that the papers in the series have followed accepted standards to minimize problems in each of these areas.

Publications Review Committee
Analytical Studies Branch, Statistics Canada
18th Floor, R.H. Coats Building
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
Telephone: (613) 951-1804

The Effect of Changing Technology Use on Plant Performance in the Canadian Manufacturing Sector

by

John R. Baldwin* and David Sabourin**

11F0027 No. 020
ISSN: 1703-0404
ISBN: 0-662-37522-X

Micro-economic Analysis Division
18th Floor, R.H. Coats Building
Statistics Canada
Ottawa, K1A 0T6

*(613) 951-8588
E-mail: john.baldwin@statcan.ca

**(613) 951-3735
E-mail: sabodav@statcan.ca

July 2004

The authors' names are listed alphabetically.

This paper represents the views of the authors and does not necessarily reflect the opinions of Statistics Canada.

Published by authority of the Minister responsible for Statistics Canada

© Minister of Industry, 2004

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission from Licence Services, Marketing Division, Statistics Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Aussi disponible en français

104-06377/

Table of Contents

ABSTRACT 3

EXECUTIVE SUMMARY 4

1. INTRODUCTION 7

2. METHODOLOGY AND DATA SOURCES 8

3. THE GROWTH PROCESS 10

4. TECHNOLOGIES 14

5. MULTIVARIATE ANALYSIS 17

5.1 MODEL 17

6. EMPIRICAL RESULTS 25

6.1 OLS RESULTS 25
6.2 SIMULTANEOUS AND SELECTION CORRECTED ESTIMATES 28

7. CONCLUSION 31

APPENDIX A: PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS FOR COMMUNICATION NETWORK PURPOSE 34

APPENDIX B: THE EXIT PROCESS 35

REFERENCES 36

Abstract

This paper investigates how changes in technology use of individual plants in the Canadian manufacturing sector are related to two measures of performance—productivity growth and market-share growth. The paper describes whether plants are adopting new advanced technologies and if they do so, whether they enjoy superior performance in these two areas. It makes use of panel data on advanced technology use from Statistics Canada's 1993 and 1998 advanced manufacturing surveys that are combined with longitudinal data on plant performance.

Growth in technology use during the period is significantly associated with relative productivity growth. In turn, growth in relative labour productivity is translated into growth in market share. Plants that improve their production efficiencies or produce higher quality products are able to realize gains in market share. Growth in the use of advanced technologies also had a positive impact on a plant's growth in market share, probably through its impact on product innovation. The market rewards those businesses that managed to improve their efficiency or the quality of their product and concomitantly their labour productivity with an increase in market share.

The paper also investigates other plant characteristics that are related to productivity and market-share growth. R&D is related to market-share growth. The use of information and communications networks for ordering goods and services is associated with higher productivity growth.

Keywords: productivity growth, advanced technology, market-share growth, panel data

Executive Summary

A study of individual firms provides important clues as to the nature of the growth process for the overall economy. The economy is just the sum of its individual components—many of which are private businesses. The economic performance of the macro economy depends upon the health and dynamism of these individual businesses.

Previous Statistics Canada studies have therefore concentrated on the connection between growth and innovation by studying specific populations of firms—small and medium-sized businesses or new entrants (Baldwin et al., 1994, Baldwin, 1996, Baldwin and Johnson, 1999). In each of these cases, we have reported that firms that adopted a more innovative strategy were the fastest growing.

Innovation has many dimensions. One key aspect is the technology strategy of the firm. Firms that introduce new important product innovations often also turn to new advanced technologies to support the introduction of the innovation.

The use of advanced technologies in Canadian manufacturing has been examined using several surveys (see Baldwin, Rama and Sabourin, 1999). These surveys describe whether advanced technologies are being used. They do not tell us whether the use of these advanced technologies has been associated with superior economic performance. That is the purpose of this paper.

In order to examine this issue, this paper investigates the extent to which the adoption of advanced technologies between 1993 and 1998 by manufacturing plants was associated with superior growth and productivity performance over this period. To do so, it links the 1993 Survey of Innovation and Advanced Technology and the 1998 Survey of Advanced Technology in Canadian Manufacturing so that technology profiles of plants can be compared over time. These two surveys not only allow us to profile the technology use of each plant but also to examine whether plants perform R&D, are foreign-owned and the emphasis that they place on several competencies—from human resources to implementing new technology. In addition, the plants in each survey are linked to the Annual Survey of Manufactures. This allows us to track the size of each plant that is surveyed, its labour productivity and to thereby measure whether plants are gaining market share or becoming relatively more productive.

This paper complements the macro literature that stresses the importance of ICT (information and communications technologies). But it is much broader in scope than the typical paper in this literature that focuses just on computers, software and communications gear. In this paper, we examine a much wider range of advanced technology investments—such things as robots, flexible-manufacturing systems, and automated retrieval systems. The amount of investment that is part of the electronic chip revolution is larger than just computer investment—especially in the manufacturing sector.

In this paper, we ask three questions.

1) How much dynamic change is taking place within manufacturing?

We examine this issue by measuring the extent to which plants change their relative position both with respect to their size (measured by market share) and productivity (measured by relative productivity). We find that large amounts of market share are shifted from declining firms to growing firms—on average, 15% per industry over the period studied. Simultaneously, plants that increase their market share also increase their productivity relative to those losing market share. At the beginning of the period, plants that subsequently increase their market share are 16% less productive than those about to lose market share. By the end of the period, they have become 17% more productive. The competitive system rewards those who become relatively more productive with increases in market share.

2) How is the adoption of advanced technology related to productivity improvements in manufacturing plants?

To answer this question, we develop and estimate a dynamic structural model that postulates that technology choice affects productivity growth that, in turn, affects market-share growth.

We find that increases in the use of advanced technology between 1993 and 1998 lead to greater productivity growth over the period. Initial technology intensity has a positive but insignificant effect in the sample used for this paper. Finally, reinforcing this finding, giving more emphasis to a technology strategy, in general, positively affects productivity growth.

Some of the impact of advanced technology comes from its effect on increased capital intensity. But that does not obviate the fact that increases in the use of advanced technologies drive the capital accumulation process. Other work for Canada (Armstrong et al., 2002) has shown that ICT investments accounted for a growing portion of capital during the mid to late 1990s. The micro data in this paper show why. Plants that were investing heavily in these technologies were growing more rapidly than those that were not doing so.

The fact that it is capital accumulation that partly drives this process does not downplay the difficulty that firms face in deciding upon the appropriate capital goods and making the right investment decisions. A wide range of assets is available to each firm. Only some firms manage to incorporate them successfully into their production process. And those that do so increase their relative productivity and gain market share.

This paper also sheds light on how new information and communications technologies contribute to success. Information and communications equipment can be used for various purposes—to keep databases for analysis, to engage in financial transactions, to sell products over the internet, and to facilitate the ordering process. Plants that were using their electronic communications networks to improve the efficiency of the ordering process were more likely to have improved their productivity. This accords with our previous findings (Baldwin, 1996) that an emphasis on just-in-time inventory practices could be found in those firms that were more successful.

3) How is the adoption of advanced technologies related to firm growth?

Productivity growth over the period and gains in market share over the same period are related. Those firms with greater relative productivity growth generally experienced increases in their market share.

In addition, growth in the use of advanced technologies had a direct positive impact on a plant's growth in market share, probably through its impact on product innovation. Therefore, additions to technology have both a direct and an indirect effect on market-share growth through their effect on productivity growth. By the end of the period, the market rewarded those who managed to improve their efficiency or the quality of their product and concomitantly their labour productivity with an increase in market share.

Complementary investments outside of advanced technologies were also shown to be important. R&D is found to be an important factor behind the growth of a plant's market share. An R&D strategy is a complementary factor that contributes to the development of new products, just as does an advanced innovation strategy. The fact that R&D is found to have an influence on market-share but not relative productivity growth emphasizes the fact that it is more on the product side than the process side that the effect of this activity is felt.

This paper concludes with several caveats. In particular, we note that innovative firms, if they are to be successful, have to develop superior competencies in a wide range of areas. And while we have focused on the importance of having more than just a technological bent in this paper, we cannot pretend to have fully covered all aspects of firms' competencies. Use of advanced technologies that is measured in this paper is probably related to a host of other competencies. Nevertheless, given that a large number of factors matter in the growth process, the fact that we found any relationship between success and the adoption of advanced technologies suggests that this is an important area. And the fact that this finding has now been replicated in a number of different studies, using different surveys, in a number of different ways (Baldwin, 1996; Baldwin and Johnson, 1998; Baldwin, Diverty, and Sabourin, 1995; Baldwin and Sabourin, 2002; Baldwin, Sabourin and Smith, 2002) strengthens the argument that a technology-based innovation strategy is one of the key factors behind growth.

1. Introduction

This paper investigates how changes in technology use of individual plants in the Canadian manufacturing sector are related to their performance.

Structural change occurs in an industry when plants gain and lose market share. This turnover has been found to be closely related to changes in relative productivity (Baldwin, Diverty and Sabourin, 1995; Baldwin and Sabourin, 2001). In this paper, we ask how market share and productivity changes are related to technological change—that is, the adoption of new advanced manufacturing technologies.

New technologies tend to be adopted slowly into the production process. And plants do not adopt new technology at the same rate. Even though a range of new advanced technologies is available at any point in time, not all plants will choose the same set. Nor will the same set of technologies necessarily result in the same rewards across plants. Plants have different technological trajectories (Nelson and Winter, 1982). That is, the environment faced by a plant and the history of that plant dictate the patterns of technological adoption and the success of the plant.

This paper describes whether plants are adopting new advanced technologies and if they do so, whether they enjoy superior economic performance. It makes use of panel data on advanced technology use at two points in time combined with longitudinal data on plant performance. Productivity growth and market-share growth are the two performance measures used in this study.

Advanced technology use may have several impacts on a plant. It may improve the productivity or the efficiency of a plant and allow it to charge lower prices for the products that it produces. In turn, lower prices should be reflected in higher market shares. Or new technologies may facilitate product innovation or improve the quality of the product. This too should increase market share.

In this paper, we examine whether those manufacturing plants that increase the rate of adoption of various forms of advanced technology saw their labour productivity increase faster than those who had not increased their rate of adoption of advanced technologies. Labour productivity can increase either because of improvements in efficiency or increases in capital intensity. The adoption of advanced technologies is expected to affect both. New advanced technologies are seen to produce more with less. They probably also increase capital requirements.

Because the productivity literature places so much emphasis on the differences in the two causes of changes in labour productivity, we try to take into account the impact of changing capital intensity in this study. But we argue that for our purposes, the distinction between pure efficiency effects and capital deepening is not as useful as the distinction that is drawn in the traditional productivity literature would suggest.

We are interested in investigating whether the adoption of advanced technologies is related to a firm's growth. The growth strategy of most plants involves capital deepening. Large plants differ from small plants in that they employ more capital per worker than small plants do. Growth requires that plants master the process whereby capital is substituted for labour. This is not easy

to do. Plants that grow large master this process, while plants that lose market share do not. The capital deepening process then is something that requires special skills. It is of as much interest to us to know that the adoption of new technologies is part of the capital deepening process as it is to learn that it leads to pure efficiency gains.

The paper is structured as follows. The first part discusses the methodology and data to be used. The second part of the paper examines the growth process in Canadian manufacturing. Specifically, the extent to which plants grow or decline in terms of their productivity, and subsequently gain or lose market share, is explored. The third section investigates the relationship between technological change and market-share and productivity growth. It examines the relationship between plant performance and the use of advanced manufacturing technologies, such as programmable controllers, local area networks and computer-aided design and engineering equipment.

2. Methodology and data sources

Advanced technology use has been found in previous studies to be associated with the productivity growth of individual plants. Based on data taken from a survey on technology use that is then linked to longitudinal performance data from the Census of Manufactures, we found that productivity growth over a period was positively and significantly related to end-period technology use. Baldwin, Diverty and Sabourin (1995) and Baldwin and Sabourin (2001) report that plants using advanced technologies at a particular point in time (1989 and 1998, respectively) experienced superior performance during the period prior to the measurement of the technology use (the 1980s and the 1990s, respectively).

To study the effect of the use of advanced technologies, these studies have used the formulation:

$$1)\ \Delta PERF_{t-\tau,t} = f(Tech_t, X_t)$$

where $\Delta PERF_{t-\tau,t}$ is the change in a plant's performance over the period $t-\tau$ to t and $Tech_t$ is a measure of advanced technology use at the end of the period in year t, and X_t is a set of plant characteristics at time t.

Since advanced technology use at the end of the period is just the sum of advanced technology use at the beginning of the period, $Tech_{t-\tau}$, plus any changes in advanced technology use during the period, $\Delta Tech_{t-\tau,t}$, equation 1 can be rewritten as:

$$2)\ \Delta PERF_{t-\tau,t} = f(Tech_{t-\tau} + \Delta Tech_{t-\tau,t}, X_t)^1$$

The finding of earlier studies that performance is related to end-period technology use means that it is positively related to a combination of opening-period technology use and changes over the time period. In this paper, we use panel data to separate out the effect of opening-period

1 The estimated coefficient from such an equation will be a weighted average of the coefficients that are attached to each of $Tech_{t-\tau}$ and $\Delta Tech_{t-\tau,t}$.

technology use and changes in technology use on performance. The advantage of the panel data is that they allow us to decompose end-period technology effects into start-period and growth effects. Panel data allow us to examine the changes that have occurred not just in the performance of plants but also in the changes that have occurred in advanced technology use.

Two measures of a plant's performance relative to an industry norm will be used here—relative labour productivity growth and growth in market share. Relative labour productivity of a plant is defined as the labour productivity of a plant relative to the average labour productivity of its industry. Market share is defined as the sales of a plant over the sales of all plants in the same four-digit industry.

Performance during a particular time period should be a function of start-period technology use because there is a learning process involved with the introduction and use of advanced technology. Productivity growth should also be related to growth in technology during the period.

In order to examine the relationship between the performance of producers and their technological competencies, we compare the performance of plants to their technological profile during the mid-nineties. The advanced technology data come from a longitudinal panel taken from the 1993 Survey of Innovation and Advanced Technology and the 1998 Survey of Advanced Technology in Canadian Manufacturing. To this was linked longitudinal data measuring economic performance, available from Statistics Canada's Annual Survey of Manufactures. This database contains annual data on employment (production and non-production), labour productivity (value added per worker), wages and salaries, manufacturing and total shipments, and manufacturing and total value added for Canadian manufacturing plants.[2]

The 1998 technology survey was based on a frame of Canadian manufacturing establishments drawn from Statistics Canada's Business Register. The sample was randomly drawn from a manufacturing establishment population that had been stratified by industry and size. The overall response rate to the survey was 98%.

The 1998 technology survey was designed in such a way as to provide a longitudinal panel for a set of establishments that could be linked to the 1993 Survey of Innovation and Advanced Technology. The panel was not created by taking two independent samples in 1993 and 1998 and then trying to find plants that were there in each year.[3] This often leads to unrepresentative samples. Instead, the 1998 sample was derived from the 1993 sample in such a way as to produce a random and representative sample that could be used to infer the characteristics of the true continuing population. All results presented in this paper are establishment weighted to reflect population results, rather than sample results.

---

2 Total value added differs from manufacturing value added in that it also contains value added from non-manufacturing activities of manufacturing establishments that are intrinsic to the manufacturing operations of the plant.

3 This was the method used by McGuckin et al., 1998 in their study of the effect of changes in technology use on the performance of U.S. manufacturing plants.

The panel data taken from the 1993 and 1998 technology surveys are linked to longitudinal data for the years 1993 to 1997 taken from the Annual Survey (Census) of Manufactures, which covers almost the universe of manufacturing plants in Canada.[4] This linked dataset provides us with information about changes in the use of advanced technology and related characteristics for a sample of establishments that were alive in both periods. In a previous paper (Baldwin and Sabourin, 2001), we used a data base that linked the 1998 technology survey to longitudinal data on plants spanning the period 1988 to 1997 and examined how performance over this period was related to the technologies that had been put in place in 1998. The database used here is superior in that it allows us to examine how performance is related both to changes in technology use and initial period technology use, but it has certain offsetting disadvantages. The database using the 1998 cross-section on technology use contains over 2,000 observations; the panel used here contains only about 400 observations. This is mainly due to survey design constraints that were imposed in the 1998 survey when developing the panel used in this survey. The smaller number of observations for the longitudinal panel means it will be harder to obtain significant relationships here than in the cross-section.

3. The growth process

Before we ask how technology use is related to performance, it is important to delineate the dynamic change that is taking place in the underlying population. If there were no changes taking place in relative productivity or in market share, changes in relative performance are unlikely to be related to technology adoption.

Some plants increase their relative productivity while others fall behind. In addition, growth and decline takes place as some plants gain market share and others lose it. Over long periods, the amount of movement in both relative productivity and market share is substantial. And the two are related. Plants that improve their production efficiencies or produce higher quality products are able to realize gains in market share.

The extent to which plant growth and decline leads to changes in relative rankings based on market share over our period of study is presented in Table 1. Establishment market shares are measured by the total shipments produced by an establishment relative to that of its industry, calculated at the 4-digit level for both the start year (1993) and end year (1997). Based on their market-share rankings, establishments are assigned to quartiles in each of these two years. The movement of continuing establishments up and down the market-share hierarchy for the continuing population of plants is provided in the first part of Table 1.[5] It gives the percentage of continuing plants that had stayed in the same quartile in which they had started, that had moved up one or more quartiles, or had moved down a quartile or two. Similar information, only this time using our constructed panel dataset, is provided in the second half of the table. The two

4 For this paper, we only used data from 1993-1997 from the Census of Manufactures. We are, therefore, comparing performance change between 1993 and 1997 to technology in 1998. The 1998 survey was taken in the early part of that year.

5 In Table 1, the quartiles are calculated using all establishments, but the shares being shifted are calculated only for continuers.

populations provide almost identical results. The weighted panel data that are used in this analysis are representative of the population of continuers.

Over the four-year period studied here, there was substantial change in relative status.[6] A quarter or more of the plants that started the period in one of the middle two quartiles, had moved out of that quartile by the end of the period.[7] There is greater inertia for the plants that started in the bottom or top quartile, primarily because their movement possibilities are truncated, either in an upwards direction for the top quartile or downwards for the bottom quartile. Between eighty and ninety percent of these plants remained in the same quartile group. Less than twenty percent moved to another category.

Looked at a different way, about 15 percent of market share in an average four-digit SIC was transferred from continuers who lost market share to continuers who gained market share over the period.

Table 1. Market-share transition matrix for continuers and panel (1993-1997)

Market-share quartiles (1993)	Market-share quartiles (1997)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
	Percentage of establishments			
Continuers (93-97)				
Q1	85	13	1	0
Q2	14	71	15	1
Q3	1	15	72	12
Q4	0	1	12	87
Panel (93-97)				
Q1	83	17	0	0
Q2	2	73	25	0
Q3	0	9	68	23
Q4	0	1	8	91

Even greater movement is found for relative productivity. Relative productivity of a plant is the productivity of that plant divided by the weighted average productivity of all plants in the industry. To track the movement of continuers through the use of a productivity transition matrix, we ranked establishments according to their relative labour productivity in both 1993 and 1997, and then assigned them to quartiles in each of these two years. Table 2 provides the percentage of establishments that had bettered their relative position, stayed the same, or declined.

Shifts in productivity rankings over a four-year period are substantial. For continuers, only six out of ten plants initially in the top and bottom quartiles remained there by the end of the period.[8] For those in the middle two quartiles, the movement was even greater, with less than half still in the same quartile in which they had started. This indicates either that there is a substantial change in relative efficiency or that plants change their relative capital intensity quite dramatically.

6 For evidence covering a longer period from 1988 to 1997, see Baldwin and Sabourin (2001).
7 Over the 1988-97 period, this increases to over 40% shifting out of the middle two quintiles.
8 For the period 1988-97, only 50% stayed in the bottom and top quintile.

Table 2. Relative labour productivity transition matrix for continuers and panel (1993-1997)

Relative labour productivity quartiles (1993)	Relative labour productivity quartiles (1997)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
	Percentage of establishments			
Continuers (93-97)				
Q1	58	25	11	6
Q2	25	44	21	10
Q3	11	22	42	25
Q4	7	9	25	59
Panel (93-97)				
Q1	58	19	19	4
Q2	32	40	21	8
Q3	11	9	48	33
Q4	10	7	19	63

While there is inertia in the system—that is, the most productive plants remain relatively more productive over time—there is nevertheless a substantial change taking place in relative productivity.

To this point, we have examined changes in market share and changes in productivity independently of one another. Changes in relative productivity and changes in market share should be related. Success in terms of the growth in market share is accomplished in various ways. Plants may attract customers either through lower prices or by offering higher quality products. Higher levels of labour productivity permit a plant to offer either or both. In either case, we would expect changes in a plant's relative productivity to be associated with increases in market share on average.

To illustrate how the gain in market-share is accompanied by a growth in relative labour productivity, we divide continuing plants into two equal groups based on the size of their market-share changes over the period (growers versus decliners). Two questions are examined. The first is whether differences in labour productivity at the beginning of the period provide any signals as to who is likely to do better over the period? The second is whether plants that improve their relative productivity also gain market share.

Table 3. Mean relative labour productivity by growth in market share

Market-share change (1988 to 1997)	Relative labour productivity (RLP)		ΔRLP
	1993	1997	1988 to 1997
Low growth	1.09	0.91	-0.18
High growth	0.92	1. 06	0.16

We find that the relative labour productivity of growers is less than that of decliners at the start of the period (Table 3). Opening-period success with regards to relative productivity is not a good indicator of growth in market share over a subsequent period. But, by the end of the period, those gaining market share simultaneously manage to increase their relative productivity. By

1997, their relative productivity is above that of the declining group. The market has rewarded those who have managed to improve their labour productivity with an increase in market share.

This is a phenomenon that has been repeatedly found in studies of the Canadian manufacturing sector. Baldwin (1995) examined changes between 1970 and 1979 in the relative productivity of plants that continued between 1970 and 1979. The mean ratio of the productivity of gainers to losers in 1970 was 0.98. In 1979, it was 1.34. Baldwin (1996) examined similar changes over three periods—1973-1979, 1979-1985 and 1985-1990. The relative productivity of market-share gainers to losers was always less than one at the beginning of each period (0.99, 0.98 and 0.95, respectively) and it was considerably higher by the end of the period (1.26, 1.33 and 1.28, respectively). Baldwin and Sabourin (2001) examined changes from 1988 to 1997 and found that the relative productivity of gainers to losers increased by some 28 percentage points over this period.

There is an alternate way of examining how the changes in market share and relative productivity are related. In Table 4, we divide the population of plants into two groups—into those with positive growth in relative productivity and those with negative growth. Then we calculate the growth in market share of each group. Categorizing continuing establishments as growers or decliners, according to their change in productivity throughout the period of study, we find that the productivity-growers group increased their market share throughout the period by 17 percent in the population as a whole, while the productivity-decliners group saw their market share eroded by about 9 percent (Table 4). Thus, plants that increased their relative productivity during the period also managed to gain market share. By the end of the period, the market rewarded those who have managed to improve their efficiency or the quality of their product, and concomitantly their labour productivity, with an increase in market share.

Table 4. Market-share growth by productivity growth

Relative labour productivity growth (1993-1997)	Market share (MS)		Δ MS (%)	N count
	1993	1997	1993 to 1997	
Continuers (93-97)[9]				
• *Growers (Δ RLP > 0)*	0.012	0.014	17	7710
• *Decliners (Δ RLP < 0)*	0.011	0.010	-9	9910
Panel (93-97)				
• *Growers (Δ RLP > 0)*	0.037	0.041	10	182
• *Decliners (Δ RLP < 0)*	0.030	0.027	-10	208

9 Excludes food processing establishments and establishments with fewer than 10 employees.

4. *Technologies*

In this study, we ask how changes in market performance are related to the level of advanced technology use and changes therein. Data on the latter were derived from two Statistics Canada surveys—the 1993 Survey of Innovation and Advanced Technology and the 1998 Survey of Advanced Technology in Canadian Manufacturing.

The technology surveys covered twenty-six advanced technologies—technologies that are applied in a wide range of functional areas—design and engineering; processing, fabrication, and assembly; network communications; integration and control; automated materials handling; and inspection.[10] The technologies range from computer-aided design that is used in design and engineering, to robots that are used in fabrication and assembly, to computer networks that are used as part of the communications and control function, to computer integrated manufacturing systems that are used in integration and control, to automated retrieval systems used in automated materials handling, to automated inspection systems used in the inspection functional area.

Advanced technology use increased between 1993 and 1998 (Table 5). Network communication technologies experienced the highest growth (29 percentage points). Integration and control and fabrication both experienced strong growth with 25 and 20 percentage points, respectively.

These results show that the relative growth rates in the late 1990s correspond closely to the relative performance or success of the different technologies in the 1980s. In an earlier study (Baldwin, Diverty and Sabourin, 1995), we found that plants using communications technologies did particularly well over the 1980s and it is therefore not surprising that advanced technology use increased most in this functional area. Integration and control, which was also associated with more success in the earlier decade, experienced the second highest growth rate in the mid 1990s.

Table 5. Technology use by functional group—1993-1998

Technologies	Use		
	% of establishments		
	1993	1998	1993-1998
Design and engineering	37	51	14
Processing, fabrication, and assembly	24	44	20
Network communications	18	47	29
Integration and control	24	49	25
Automated materials handling	4	5	1
Inspection	10	13	3

10 A slightly larger number of technologies were investigated in the 1998 than in the 1993 survey. Only the common technologies are used here; three of the twenty-six specific advanced technologies—lasers for materials processing; high speed machining; and near-net shaped technologies—have been excluded from the analysis. For further discussion of the overlap sample, see Baldwin, Rama and Sabourin, (1999).

For the purposes of this study, the advanced technologies covered in the survey are aggregated into three new groups—(i) software, (ii) network communications, and (iii) hardware technologies. These classifications do not so much use the functional area of the production process in which the technologies are used as the type of technology, where type is broken into communications and all other machinery (here called hardware). In addition, a third category is created that recognizes that many technologies essentially revolve around software. The new technologies make use of electronic chips. These chips need instructions via software. Some technologies consist mainly of machines with software as a facilitating language. Other technologies are primarily software, with a machine (normally a computer) added on.[11]

Table 6. Adoption of advanced technologies, 1998 population (percentage of establishments using the technology)

Technology group	Specific technology	In use	Standard error
Software	• Any	65	1.3
	• Computer-aided design and engineering (CAD/CAE)	44	1.4
	• CAD output to control manufacturing machines (CAD/CAM)	36	1.4
	• Modelling or simulation technologies	17	1.1
	• Manufacturing resource planning (MRP)	21	1.0
	• Computer integrated manufacturing	18	1.1
	• Supervisory control and data acquisition (SCADA)	16	0.9
	• Use of inspection data for manufacturing control	26	1.2
	• Knowledge-based software	18	1.1
Network communications	• Any	59	1.4
	• Electronic exchange of CAD files	34	1.4
	• Local area network (LAN) for engineering or production	36	1.3
	• Company-wide computer networks	35	1.3
	• Inter-company computer networks	29	1.2
	• Digital, remote controlled process plant control	5	0.5
Hardware	• Any	57	1.4
	• Flexible manufacturing systems	15	1.0
	• Programmable logic controllers	37	1.4
	• Robots with sensing	8	0.7
	• Robots without sensing	7	0.6
	• Rapid prototyping systems	5	0.6
	• Part identification for manufacturing automation	18	1.0
	• Automated storage/retrieval system	5	0.6
	• Automated vision-based inspection/testing systems	11	0.8
	• Other inspection/testing automated sensor-based systems	13	0.9
	• Computers used for control on the factory floor	31	1.3

The technology groups, their constituent advanced technologies, and their adoption rates as of 1998 are outlined in Table 6. Eight advanced technologies belong to the software group—computer-aided design and engineering (CAD/CAE); CAD output to control manufacturing machines (CAD/CAM); modelling or simulation technologies; manufacturing resource planning (MRP); computer integrated manufacturing; supervisory control and data acquisition (SCADA); use of inspection data for manufacturing control; and knowledge-based software.

11 This taxonomy was developed with the aid of outside technology experts.

Five advanced technologies belong to the network communications group—electronic exchange of CAD files; local area network (LAN) for engineering or production; company-wide computer networks; inter-company computer networks; and digital, remote controlled process plant control.

There are ten advanced technologies in the hardware class—flexible manufacturing systems; programmable logic controllers; robots with and without sensing capabilities; rapid prototyping systems; part identification for manufacturing automation; automated storage/retrieval systems; automated vision-based systems used for inspection/testing; other automated sensor-based systems used for inspection/testing; and computers used for control on the factory floor.

Sixty-five percent of manufacturing establishments use at least one of the eight software technologies listed on the survey; 59% use at least one of the five network communications technologies; while 57% use at least one of the 10 hardware-based technologies.

Computer-aided design technologies dominate the software category. Close to half the plants have adopted at least one computer-aided design and engineering technology (CAD/CAE), with about a third using at least one CAD/CAM machine.

Plants use a variety of advanced network communications technologies—local area networks, company-wide networks and inter-company networks. The use of programmable logic controllers and factory control computers in the hardware group is reported most frequently.

For this study, advanced technology use will be measured for each member of the ICT group—software, hardware and communications. Each of these areas of technology use experienced growth between 1993 and 1998 (Table 7). The highest rate of growth was in network communications. The next fastest was in hardware. It is the relationship between this growth in technology use and performance that we investigate in the next section.

Table 7. Technology use in panel data set—1993-1998

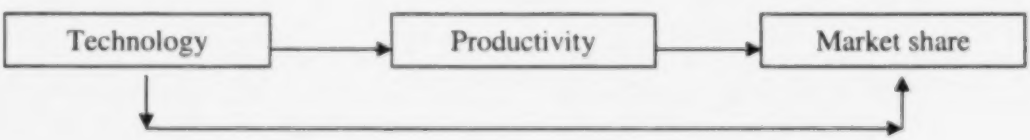
Technologies	Use		
	% of establishments		
	1993	1998	1993-1998
Software	48	67	19
Network communications	25	61	36
Hardware	38	62	24

5. *Multivariate analysis*

5.1 Model

This paper investigates the relationship between technology choice and plant performance. Plant performance is measured here in two ways—first, as growth in relative labour productivity and second, as growth in market share. Both are measured over the period 1993-1997, as the difference between end-period relative productivity (or market share) and start-period relative productivity (or market share). Changes in labour productivity reflect changes in the capital intensity of an establishment, changes in its organizational structure or changes in its technological capabilities—all of which factor into its success.

The framework that instructs the analysis is straightforward (see boxes below). Plants are seen to make choices on technologies that they will use. In turn, the technologies chosen will affect labour productivity through their impact on both efficiency and capital intensity. In turn, productivity will impact on market share through its effect either on relative prices or on the quality of product. Technology choice affects market share indirectly through its impact on productivity but also directly through its effect on product innovation that improves market share.



We start with a linear directional model that runs from technology choice to productivity to market-share growth. Productivity growth is posited to be a function of opening-period technology and additions to technology and other factors such as R&D intensity. Market-share growth in turn is taken to be a function of labour productivity growth, technology use and a set of other plant characteristics. The latter will be discussed in more detail in the next section.

We construct a 2-equation system. The first equation (equation 3) estimates the correlates of productivity growth, while the second equation (equation 4) examines the correlates of market-share growth.

$$3)\ \text{PRODGRTH} = \alpha_0 + \alpha_1*\text{TECH 93} + \alpha_2*\text{TECHGROW} + \alpha_3*\text{SIZE93} + \alpha_4*\text{FOREIGN} + \alpha_5*\Delta\text{CAPINT} + \alpha_6*\text{LABPROD93} + \alpha_7*\text{R\&D} + \alpha_8*\text{REGION} + \alpha_9*\text{STRAT} + \alpha_{10}*\text{NETWORK}$$

$$4)\ \text{SHARGRTH} = \beta_0 + \beta_1*\text{PRODGRTH} + \beta_2*\text{TECH 93} + \beta_3*\text{TECHGROW} + \beta_4*\text{FOREIGN} + \beta_5*\Delta\text{CAPINT} + \beta_6*\text{MKTSHR93} + \beta_7*\text{R\&D} + \beta_8*\text{REGION}$$

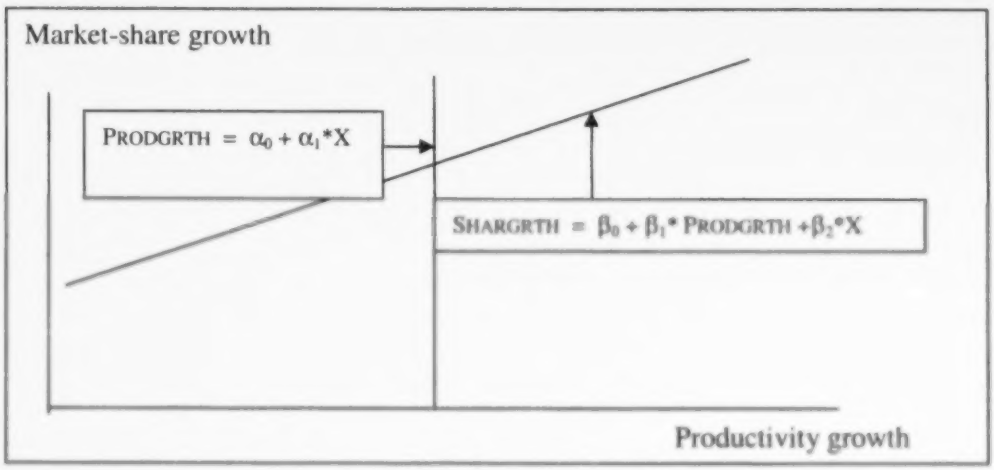
where *PRODGRTH* measures the growth in relative labour productivity of a plant.
SHARGRTH measures the growth in market share of a plant.
TECH93 measures the use of advanced technologies by the plant at the start of the period.

TECHGROW measures the growth in the use of advanced technologies by the plant.
SIZE93 measures opening-period employment size of the plant.
FOREIGN captures whether or not an establishment is foreign owned.
ΔCAPINT captures changes in the capital intensity of a plant through changes in the flow of capital services.
LABPROD93 measures opening-period labour productivity levels.
MKTSHR93 measures opening-period market share.
R&D captures whether or not an establishment is an R&D performer.
STRAT captures the technology and human-resource strategy emphasis
NETWORK is the type of use made of the ICT network by the plant
REGION captures any regional effects.

We recognize that there may be feedback effects but postulate that they occur with a lag. Improvements in market share should eventually feed back to affect technology use and productivity gains. For example, there is evidence to suggest that investment in innovation assets follows cash flow (Himmelberg and Peterson, 1994) and the latter should improve with gains in market share. But we believe that this also occurs with a relatively long lag. Our survey evidence suggests that this is the case. Despite the clear benefits from using network communications technology in the 1980s (see Baldwin, Diverty, and Sabourin, 1995), the percentage of manufacturing establishments that used these technologies rose only to 47% in 1998 from 17% in 1988.

Examples of the slow diffusion of other new technologies abound. The introduction of electric power sources into the industrial system was spread over three to four decades. The 1901 census first began to measure the horsepower of electric motors, and only 7% of total horsepower is listed as coming from electric motors in the manufacturing sector in that year. This increased to 20% in 1911, to 50% by 1921 and to 74% by 1930. While communications technologies have spread far more quickly than did electric motive power, their diffusion still takes place with a lag.

As a result, we estimate the change in productivity equation as a function of technology choice and a set of plant characteristics, and a market-share equation as a function of changing productivity and a set of plant characteristics. The implicit relationship that is the foundation for our maintained hypothesis is depicted below.



While we start with a prior belief that feedback or simultaneous relationships should not be important based on the reasons outlined above, we also estimate an additional set of relationships that include them. In these formulations, productivity growth is made a function of both changes in technology and changes in market share, with the latter being treated as endogenous. And in the market-share equation, the explanatory variable 'changes in productivity growth' is treated as endogenous.

If simultaneity exists, normal estimation procedures yield biased coefficients. We note however that taking into account simultaneity when the endogenous variables are poorly predicted can lead to equally serious problems. Replacing an endogenous variable with white noise in a two stage least squares regression or using a poor instrumental variable risks leaving the false impression that the variable in question does not matter.

The second set of equations that were estimated are the same as the first except that now market-share growth (SHARGRTH) is included in the productivity growth equation (#3). Before we estimated these regressions, we performed Hausman tests to examine whether endogeneity existed in the system. The technology variables were not found to be endogenous. The endogeneity of the market-share growth variable in the productivity growth equation was found to be weakly significant (at the 9% level); the productivity-growth variable was not found to be endogenous in the market-share equation. We interpret this as weak evidence for our maintained prior as to the nature of our relationship between technology use, productivity growth and subsequent market-share gain. Nevertheless, we present both sets of results in the following section.

Finally, we should note that the panel data allows us to estimate all our regressions in first difference form thereby removing constant fixed effects from a model where productivity and market share differ across plants because of unknown differences that are constant over time. Use of panel data reduces estimation bias in these circumstances (Hsiao, 1986). Panel data, which has both a cross sectional and a time series dimension, provides greater flexibility than cross-sectional data for investigating behavioural differences across units (Greene, 1997).

But it should be recognized that our formulation in a simple fixed-effects model would normally include only the explanatory variables in first-difference form as well. We do not slavishly follow this model because we use the first difference formulation as a result of our inherent interest in it rather than in the level form of the equation. We are interested in asking how performance varies over time and whether this difference is related to certain plant characteristics. We ask how it is related to changes in technology and certain other plant characteristics. But we also include some variables in level form to test whether the fixed effect varies over time with this characteristic—whether the component of labour productivity or of market share that is unexplained has increased in step with a certain plant characteristic, such as nationality of ownership or size or R&D intensity. We recognize, however, that the coefficients on these variables may be zero if the variable captures a fixed effect that does not change over the period.

5.1.1 Productivity growth

The first equation examines relative productivity growth during the 1993-97 period. Relative productivity growth is postulated to be a function of advanced technology use at the start of the period plus any additions of technology throughout the period.

Technology: We represent advanced technology use with a number of mutually exclusive, and increasingly comprehensive technology variables. Use of one type, and only one type, of the three advanced technology types—software, hardware, or communications—is captured by the first binary technology variable. A second binary variable captures the use of any two of the advanced technology types; while a third variable captures the use of all three.

Previous work (Baldwin and Sabourin, 2001; Baldwin, Diverty and Sabourin, 1995) found that the use of just one particular technological group (fabrication, design and engineering, or communications) was sufficient to differentiate plants from one another in terms of performance. But it was also found that the plants combining technologies from different areas were characterized by the best performance. We, therefore, expect productivity growth to be higher where plants added technologies. To capture this, we include a measure of technology growth. This is a zero-one binary variable that takes a value of one if an establishment increased its 'sophistication' of technology use and a value of zero otherwise. Increasing sophistication occurs by definition here if an establishment moved from being: 1) a non-user to a user; 2) a user of one ICT group to a multiple user; 3) a user of two ICT groups to a user of three ICT groups; and 4) initially a user of three ICT groups to where it increased the number of technologies more than most others in the group.[12]

Capital intensity: Productivity growth may be a function of advanced technology use to the extent that use is associated with higher capital intensity. To test for this, the increase in a plant's relative profitability (its profit/sales ratio) is also included since this measure of profitability

12 The difference in the number of additional technologies added by plants between 1993 and 1997 that were classified in the third group in 1993 was examined and it was ascertained that roughly half added 2 or more technologies. Therefore those plants that added 2 or more technologies in this third group were defined as being the more technologically sophisticated.

should be closely correlated with capital intensity. In the long run, profits measure the flow of capital services derived from the capital stock owned by the plant.

Plant size: Plant size was included to capture the greater financial and informational capabilities often associated with larger establishment size. Large plants tend to develop superior capabilities that lead to growth. While a number of other characteristics are included to capture these competencies, they probably do not capture all such effects. Consequently, size is included to do so. Employment data were used to measure size.

Initial period productivity: This variable is included to allow for regression-to-the-mean. Previous work (Baldwin, 1995) and the tables presented in the first section of this paper show that plants tend to regress to the mean over a period of time.

Region: A set of binary variables were included to test whether the geographic environment matters.

Foreign ownership: Nationality of ownership of a plant is included since multinational firms are seen to play an important role in the global diffusion of technology (Caves, 1982). Previous work has found that labour productivity growth in foreign-controlled plants has been greater than in the domestic sector (Baldwin and Dhaliwal, 2001). The advantages of multinational enterprises are typically related to their size, expertise and financial resources.

Since we are examining market performance over time, characteristics like nationality may change over time. Indeed, a considerable number of our sample underwent a change in control over the period of study as a result of mergers and takeovers (Table 8).

Table 8. Changes in nationality

	1998 control status (% of plants)	
1993 control status	domestic	foreign
Domestic	86.5	13.5
Foreign	25.0	75.0

Rather than utilize the foreign-ownership status of a plant in just one period, we introduced four categories—remains under domestic control over the entire period, remains under foreign control over the period, moves from domestic to foreign control, moves from foreign to domestic control—and defined a binary variable associated with each. These categories allow us to test not only that nationality matters, but also that changes in nationality matter.

Research and development: A binary variable that measures whether the plant reported that it performed R&D, whether on a continuing or only an occasional basis, is also included. This is done because of evidence from previous studies on the effect of R&D on productivity (Lichtenberg and Siegel, 1991; Hall and Mairesse, 1995; Dilling-Hansen et al., 1999). We are interested in knowing whether R&D activity affects productivity performance after the technology mix has been taken into account.

As was the case for the nationality status of a plant, four categories were also defined for its R&D activity—whether it did not perform R&D during the entire period, whether it did so during the entire period and whether it changed its activity in this area—either from not performing R&D to doing so or vice-versa. An R&D performer is a producer that reports that it conducted R&D—either in-house, jointly with another firm, or by contracting it out.

There were considerable changes in R&D status over the period as Table 9 demonstrates. A quarter of the plants that indicated that their parent performed R&D in 1993 no longer did so in 1998; while more than half of the plants in 1993 that indicated their parent did not perform R&D did so by the end of the period.

Table 9. Changes in R&D status

1993 R&D status	1998 R&D status (% of plants)	
	R&D performer	R&D non performer
R&D performer	76.8	23.2
R&D non performer	51.8	48.2

Strategies: A comprehensive characterization of a plant requires information on more than just technology use, capital employed, or size. Plants differ substantially in terms of the strategic stance that they adopt and the resulting managerial competencies that are used to improve productivity or market share (Baldwin and Gellatly, 2004). There is evidence that the emphasis that is given to certain activities is related to performance. In Baldwin (1999), we find that firms that emphasize innovation are more likely to grow. Baldwin, Sabourin and Smith (2002) report that a plant's emphasis on quality control and skill training was related to market-share gain.

To allow for differences in the nature of the strategies being followed by different producers, the 1993 survey investigated the emphasis that was given to a set of three strategies—marketing, production, and human resources. In the area of marketing, plants ranked the emphasis that they gave to the introduction of new products and the penetration of new markets on a five-point Likert scale. In the area of production, plants ranked the importance given to reducing production costs, introducing new technologies, and using new materials. In human resources, plants ranked the importance of flexible systems such as teams and the importance of formal training programs. The percentage of producers scoring above the median (4 or 5 on a five-point scale) in each of these areas is presented in Table 10.

A binary variable was added to our regressions for each one of these strategies when the producer indicated the emphasis that was given to this strategy was either a 4 or 5—above the median value. After experimenting with all strategy variables, we kept only the variables capturing the emphasis given to production and human resources because only they are close to being statistically significant. The emphasis given to developing a new market or entering new markets could not be distinguished from the R&D activity variable, probably because each is so closely related to an innovation strategy.

Table 10. Importance of strategies

Strategy	% scoring 4 or 5
Marketing	
a) Developing new markets	50
b) Entering new markets	54
Production	
c) Reducing manufacturing costs	77
d) Developing new manufacturing technology	50
e) Using new materials	36
Human resources	
f) Using teams (e.g., cross-functional)	47
g) Ongoing technical training	50

Use of electronic networks: ICT use can be directed at different areas. And some uses may be more productive than others. The 1998 survey asked plants to indicate the purpose to which communication networks were being put. The list of purposes was extensive: ordering products, tracking production flow, on-line maintenance, tracking sales and inventory, tracking distribution, sharing technology information, accounting and finance, human-resource purposes, management planning, marketing and customer information, financial transactions, consumer information, production status information, and general reference.

The intensity of ICT use in these areas varies widely (Table 11). The greatest use (outside of general reference) is that of marketing/customer information, with some 47% of producers using their communications network for this purpose. At the other end of the spectrum, only 22% indicated that they used their ICT communications system for tracking distribution. In the middle, with about 30%, are such functions as developing consumer information, performing financial transactions, and ordering products.

It is our objective to test whether some uses are more important than others. But these network-use variables (whether a producer makes use of ICT for a particular purpose) are closely related. Plants tend to use electronic communications networks for more than one purpose. However, they combine them in different ways. Since our purpose was to ask what combination was more closely associated with performance, we developed a new set of variables that summarizes how the various uses were combined. This reduces the dimensionality in the original set of network-use variables.

To do this, we performed a principal component analysis on a set of variables that encompassed all the uses outlined above—whether the plant used communications technologies for a particular purpose. Principal component analysis reduces a complex set of interrelated variables to a new set of variables, each of which is orthogonal to one another.

Table 11. Purpose of communications network

	% of producers using
General reference	52
Marketing/customer information	47
Accounting and financing	46
Tracking sales and inventory	38
Sharing technology information	36
Consumer information	34
Financial transactions	34
Ordering products	31
Production status information	30
Management planning	27
Human-resource purposes	26
Tracking production flow	25
Tracking distribution	22
On-line maintenance	12
Other	5

The new variables (PC_i) are related to the use variables (U_i) by the following algebraic transformation.

$$PC_i = \sum_i w_i U_i$$

The weights attached to the original use variable in each principal component indicate how the various original variables (the uses) are combined within that component. Table A1 in Appendix A contains these weights for each of the components—what are referred to as $Comnet_i$. For example, the first component gives positive weights to most of the uses and may thus be described as the all-encompassing component. On the other hand, the fourth component (Comnet4) has a large positive weight on ordering products, and sharing technology information but gives a large negative weight to using communications technology for consumer information. Producers who do more of the former but do less of the latter will have a higher value of this component—or conversely, those using their networks for consumer information but not for ordering products and sharing technology information will obtain a lower value of this component. Component five weights ICT use for ordering products negatively and ICT use for on-line maintenance, financial transactions positively. Producers that use their communications networks for ordering products but not for financial transactions will have a higher value of this component and those that do less ordering and more financial transactions will have a lower value for this component. The interpretation of the impact of each variable will also depend on the sign of the coefficient of the component in the multivariate analysis, a sign that can take on either positive or negative values.

5.1.2 Market-share growth

The second equation examines the correlates of growth in market share. Growth in market share is postulated to depend on factors that give a plant an advantage over its competitors. Growth in market share is posited to be a function of the initial market share because of the inexorable tendency towards regression-to-the-mean. Baldwin (1995) outlines the changes that have

occurred in the Canadian manufacturing sector in the 1970s in most industries as small plants gained market share and large plants lost market share.

Growth in market share is also hypothesized to be related to the growth in labour productivity over the period. In our formulation, growth in relative labour productivity is a proxy for a host of factors that are related to technical efficiency, changes in capital intensity, and other competencies in a plant—from management capabilities to human-resource strategies such as training.

Although we already have included advanced technology use in the labour-productivity equation, we also include advanced technology use in the market-share equation to test whether there is an additional effect running from advanced technology use on market-share growth over and above its effect on relative labour productivity growth. Technology use not only allows an improvement in relative costs that are reflected in lower prices, but it also improves the flexibility of the production process and the quality of products produced (Baldwin, Sabourin and Rafiquzzaman, 1996; Baldwin, Sabourin and West, 1999). As such, it might be expected to have an effect on growth in market share, which is independent of its effect on measured labour productivity.

The other variables—nationality, R&D, plant strategies, and region variables—are essentially the same as were used in the growth in the relative productivity model.

6. Empirical results

Since the data are taken from a survey that randomly sampled the population, weighted estimates are provided. All regressions are estimated against an excluded plant that is Canadian-owned, has not adopted advanced technologies, does not perform R&D, and is in the Atlantic region.

6.1 OLS results

Earlier work using the entire 1998 survey sample (Baldwin and Sabourin, 2002), reported that productivity and market-share growth were related to end-of-period technology use. For comparative purposes, we ask whether our reduced panel data set, which contains a technology-change variable, yields the same results. To do so, we estimated the relative productivity growth and market-share growth equations as before to see whether our panel sample produces the same result as the full sample. We use a slightly reduced set of explanatory variables and the same econometric technique (OLS) as used in our earlier work.

6.1.1 Growth in productivity

Results of the OLS regressions that model relative productivity growth as a function of advanced technology use are presented in Table 12. Growth in capital intensity is included in the first model (Model 1) but not in the second (Model 2) in order to observe the effect of this variable.

Table 12. OLS relative labour productivity growth regressions

	Model 1	Model 2
Intercept	0.120	0.259***
Advanced technology use (1998)		
One ICT group only	-0.031	0.148
Two ICT groups	0.024	0.092
All three ICT groups	0.126***	0.220***
Plant size		
Employment –1993	6e-7	9e-5
Nationality of control (1998)		
Foreign	0.016	-0.040
Capital intensity		
Profitability change 1993-1997	1.846***	---
Initial labour productivity		
Relative labour productivity – 1993	-0.114	-0.281***
R&D (1998)		
R&D performer	-0.109**	-0.107
Region (1998)		
Quebec	-0.030	-0.134
Ontario	-0.026	-0.082
Prairies	-0.020	-0.037
British Columbia	-0.091	-0.197*
Summary Statistics		
N	390	390
F (degrees of freedom)	(12, 377) = 16.78	(11, 378) = 1.93
R^2	0.48	0.12

Note: * significant at 1% level; ** significant at 5% level; *** significant at 10% level.

All three technology variables are positively related to productivity growth when capital intensity is not included in the model specification. But only the coefficient on the use of all three technology variables is significantly different from zero. This is also the case when change in capital intensity is included as an explanatory variable. The earlier article also found that it was generally the case that only all three technologies taken together were significant. We conclude from this that the sample panel data set generally captures the connection between technology use and productivity growth that was revealed by the full cross-sectional data set for 1998.

As before, the coefficient on the starting-period productivity variable is negative and highly significant when changes in capital intensity are not included. There is regression-to-the-mean in relative productivity. Plants that started the period with a high relative labour productivity saw their relative labour productivity decline. Equivalently, those plants that were below average in terms of relative labour productivity at the start of the period saw their productivity increase relative to their compatriots.

Table 13. OLS Market-share growth regressions

	Model 1
Intercept	-0.005
Advanced technology use (1998)	
One ICT group only	-0.002
Two ICT groups	0.001
All three ICT groups	0.001
Plant size	
Employment – 1993	-1e-5
Nationality of control (1998)	
Foreign	-0.001
Capital intensity	
Profitability change 1993-1997	0.009
Initial labour productivity	
Relative labour productivity – 1993	0.001
Relative labour productivity growth	
Labour productivity growth 1993-97	0.004*
Initial market share	
Market share 1993	-0.038
R&D (1998)	
R&D performer	0.004**
Region (1998)	
Quebec	0.005
Ontario	0.005
Prairies	0.002
British Columbia	0.004
Summary Statistics	
N	390
F(degrees of freedom)	(14, 375) = 1.34
R^2	0.12

Note: * significant at 1% level; ** significant at 5% level; *** significant at 10% level.

Finally, regional location does not have a consistently significant effect on labour productivity growth. This also is similar to our previous results. Although regional location generally does not have a statistically significant effect on labour productivity growth, it should be noted that the omitted region (the Atlantic Provinces) has a slightly superior performance to the other regions. This is consistent with a regression-to-the-mean effect, since this region lags behind the other regions in labour productivity (Zietsma and Sabourin, 2001).

6.1.2 Growth in market share

Growth in market share is strongly related to the growth in labour productivity over the period (Table 13) when using the reduced panel. These results are similar to those produced by the full dataset. Similar to the original results, the coefficient on R&D is positive and significant. Finally, after the effects of relative productivity growth on market share are taken into account, growth in market share is not related to end-of-period advanced technology use. Nor was it previously.

It is noteworthy that none of the other variables is significant. The market-share equation has a much lower R^2 than the relative productivity equation. Market-share changes are not easily explained. They are the result of an idiosyncratic process. Plants may adopt new technologies in order to improve relative productivity and gain market share. But the growth process is on the whole stochastic, depending not only on production success but also on the whims of consumer demand. We are more successful in separating out the correlates of changing productivity than we are in mustering a strong set of candidates that are related to a plant's success in capturing market share.

6.2 Simultaneous and selection corrected estimates

In the first estimation stage, we focused on a robust estimation procedure that made use of ordinary least squares. In this section, we adjust these estimates to take into account two potential problems with the estimates presented above. We also add additional explanatory variables.

We address two possible problems in sequential order—simultaneity and selection. There may be bias in our estimates of the coefficients in Table 13 if there are feedback effects between productivity and market share. In the productivity equation, we may have an omitted variable problem if market-share changes feed immediately (over the five-year period used here) into productivity gains. And if this variable is included, it may also be the case that it is simultaneously determined. Both problems lead to potential bias in the productivity equation. Simultaneous bias may also be a problem in the market-share change equation. Despite the fact that a Hausman test revealed that the potential problem arising from simultaneity was not statistically very significant, the simultaneous equation problem was addressed by employing a two-stage-least-squares procedure.

The second problem that was addressed is one of sample selection. The panel that is used for estimation excludes a particular group of plants—those that exited the 1993 cross-sectional survey data set. These include those plants who exited and those that were not sampled in 1998. This sample selection problem can also lead to biased estimators. For this study, our population is all establishments alive in 1993. But our sample has been drawn from the population of continuing establishments, that is, those establishments that were alive in 1993 and had survived until 1997. We need to adjust for those establishments that had exited the population during that four-year period. The logit equation is included in Table B1 of Appendix B. It shows that plants were more likely to exit the sample if they used fewer technologies, and if they were younger. Since the selection criteria is related to the variables of interest (technology use), correcting for the selection problem may affect the estimates of the technology effect.

To correct for sample selection, we use the Heckman two-step procedure. In the first step, we use a logit model to estimate the likelihood that a unit will be located in the non-truncated part of the population. In the second step, we include the Mills ratio in the main equation. However, the Heckman corrections are not reported here as they do not have a meaningful impact on our estimates.[13]

For purposes of comparison with our earlier findings, the single equation estimates for productivity growth and market-share growth, that now include the new explanatory variables, are reported in Table 14 (columns 1 and 2) along with a set of simultaneous equation estimates (columns 3 and 4). In this formulation, we include both the opening period technology use and growth in technology use. Opening period technology use is not significant in the productivity growth equation; but technology growth is significant. This occurs in both the single equation and the simultaneous equation estimation procedure. Moving from the single equation system to the simultaneous equation system strengthens the effect of technology growth in the productivity-growth equation, where the coefficient triples in size. Technology growth is also significant in the market-share equation.

Plant strategies matter for productivity growth. Plants that emphasize the strategy of developing new technologies have significantly faster productivity growth. On the other hand, plants that emphasize training have lower productivity growth, although this result is only significant for the single equation results. This result, about the effect of training, is consistent with a number of other studies that find that the emphasis given to training is related neither to a firm's likelihood of innovating (Baldwin, Hanel and Sabourin, 2002), nor to its productivity performance, nor its market-share performance (Baldwin et al., 1994; Baldwin, 1996).

Plants that use ICT networks for particular purposes do better in terms of their growth of relative productivity. The negative sign on component 5 (Comnet 5) indicates that plants that use these networks for ordering products have shown faster productivity growth.

The three foreign control variables all have positive coefficients but none are significant in the relative productivity growth equations at the conventional levels of significance. Since we know the level of significance in our sample is less than in the larger cross-sectional sample, we interpret our finding here to be supportive of a foreign-firm effect that we have found elsewhere. Interestingly, moving from domestic to foreign control increases productivity, particularly in the simultaneous equation estimates. In the market-share equation, moving from being foreign-owned to Canadian-owned leads to a loss of market share.[14]

Conducting R&D affects market-share growth. In particular, those plants whose parent firm conducted R&D throughout the period gained market share compared to those that had no R&D facilities continuously available to them.

---

13 This may have occurred because the selection criteria involve both exits and those continuing plants that were not sampled in the second stage of the development of the longitudinal panel. While the former are a distinct group, the latter were chosen to be representative of the entire population of continuers and therefore do not provide much in the way of bias.

14 The parameters on these variables consistently fall between 10% and 20% in terms of probability values.

Table 14. Productivity and market-share growth OLS regressions

	Single equation system		Simultaneous system	
	Productivity growth	Market-share growth	Productivity growth	Market-share growth
Intercept	-0.045	0.003	0.144	0.003
Market-share growth				
Growth (93-97)	1.604	---	-42.388	---
Initial market share				
Market share –1993	---	-0.078	---	-0.077
Productivity growth				
Growth (93-97)	---	0.005***	---	0.007***
Initial productivity				
Productivity – 1993	-0.105	---	-0.075	---
Advanced technology use (1993)				
One ICT group only	0.045	0.0003	0.087	0.0002
Two ICT groups	-0.014	-0.002	-0.057	-0.003
All three ICT groups	0.014	-0.002	-0.024	-0.004
Technology growth				
Growth (93-98)	0.070*	0.003*	0.211*	0.002*
Initial plant size				
Employment –1993	9e-5	---	-0.0006	---
Nationality of control				
Always foreign	0.070	-0.0003	0.020	-0.0001
Foreign (93) – Canadian (98)	0.091	-0.004*	-0.014	-0.004
Canadian (93) – Foreign (98)	0.062	0.002	0.202	0.003
Capital intensity				
Change in profitability (93-97)	1.883***	---	2.558***	---
R&D performer				
Always R&D doer	---	0.005***	---	0.005***
Doer (93) – Not doer(98)	---	0.0001	---	-0.0001
Not doer(93) – Doer (98)	---	0.002	---	0.002
Plant strategies				
New technologies	0.086*	---	0.168*	---
Training	-0.088*	---	-0.153	---
Network purpose				
Comnet1	-0.011	---	0.011	---
Comnet2	0.010	---	0.011	---
Comnet3	-0.022	---	0.001	---
Comnet4	0.013	---	-0.053	---
Comnet5	-0.076**	---	-0.116*	---
Region (1993)				
Quebec	0.008	-0.004*	-0.161	-0.004
Ontario	0.046	-0.003	-0.107	-0.003
Prairies	0.079	-0.004*	-0.122	-0.004*
British Columbia	-0.020	-0.005**	-0.251	-0.005**
Summary Statistics				
N	390	390	390	390
F(degrees of freedom)	F(22,367)=12.91	F(16,373)=2.1	F(22,367)=3.52	F(16,373)=1.87
R^2	0.50	0.11	0.35	0.10

Note: * significant at 1% level; ** significant at 5% level; *** significant at 10% level.

In the market-share equation, labour productivity growth continues to be the dominant influence. In the productivity-growth equation, market share has a negative and not a positive effect. The latter finding is compatible with the argument that most growing plants are in the early stages of their life cycle. Slower growing plants are in the later stages of their life cycle. The former group generally is not increasing their labour productivity. The latter are in the stage where process innovations prevail and plants substantially reduce their labour force and increase their productivity. Other evidence of this phenomenon is provided in Baldwin and Dhaliwal (2001).

7. Conclusion

Growth and decline of establishments in the Canadian manufacturing sector is substantial. Throughout the nineties, there has been substantial turnover of market share among manufacturing plants. Accompanying these shifts, plants have also changed their relative productivity.

Advanced technology use emerges from the multivariate analysis as having a close relationship to growth in relative labour productivity. Growth in technology use during the period exhibited a positive and significant effect on relative productivity growth. Establishments that started the period with many technologies also were more likely to experience positive productivity growth but this effect is not statistically significant when technology growth is included.

The reduction in the significance of the initial technology use variable when technology growth is included should probably not be interpreted as evidence that it is only growth and not initial technology use that matters. We know that the sample used here is not as large as for the earlier work; and we know that the effect of technology without the growth variables is less than it was in the earlier work that lacked data on changes in technology. Moreover, we know that our technology use competency variable is very significant in the productivity growth equation. Technology competencies do not change quickly. They take long periods to develop. It is this evidence that suggest strongly to us that it is both initial conditions and change on the technology side that affect productivity growth.

In turn, growth in relative labour productivity is translated into growth in market share. Plants that improve their production efficiencies or produce higher quality products were able to realize gains in market share. Growth in the use of advanced technologies also had a positive impact on a plant's growth in market share, probably through its impact on product innovation. By the end of the period, the market rewarded those who managed to improve their efficiency or the quality of their product and concomitantly their labour productivity with an increase in market share.

Some of the impact of advanced technology comes from its affect on increased capital intensity. But that does not obviate the fact that it is increases in advanced technologies that drives the capital accumulation process. Other work for Canada (Armstrong et al., 2002) has shown that ICT investments accounted for a growing portion of capital during the mid to late 1990s. The micro data in this paper show why. Plants that were investing heavily in these technologies were growing more rapidly than those who were not doing so.

The fact that it is capital accumulation that partly drives this process does not downplay the difficulty that firms face in deciding upon the appropriate capital goods and making the right investment decisions. A wide range of assets is available to each firm. Only some firms manage to incorporate them successfully into their production process. And those that do so increase their relative productivity and gain market share.

This paper also sheds light on which areas of new information and communications technologies are most related to success. Information and communications equipment can be used for various purposes—to keep databases for analysis, to engage in financial transactions, to sell products over the internet and to facilitate the ordering process. Plants that were using their electronic communications networks to improve the efficiency of the ordering process were more likely to have improved their productivity. This accords with our previous findings (Baldwin, 1996) that an emphasis on just-in-time inventory practices could be found in those firms that were more successful.

While this paper complements the macro literature that stresses the importance of ICT (information and communications technologies), it is much broader in scope than the typical paper in this literature that focuses just on computers, software and communications gear. In this paper, we have examined a much wider range of advanced technology investments—such things as robots, flexible-manufacturing systems, and automated retrieval systems. The technological trajectory that accompanied the adoption of electrical power into the factory eventually saw the electric motor move from a stand-alone machine to being incorporated directly into machines it powered. The same is happening with computers that have been incorporated directly into systems. The amount of investment that is part of the electronic chip revolution is larger than just computer investment—especially in the manufacturing sector.

Complementary investments outside of advanced technologies are required. This is driven home by the fact that R&D is also found to be an important factor behind the growth of a plant's market share. An R&D strategy is a complementary factor that contributes to the development of new products, just as does an advanced innovation strategy. The fact that R&D is found to have more of an influence on market-share growth than productivity growth emphasizes the fact that it is more on the product side than on the process side that this activity is felt (Baldwin and Hanel, 2003).

Despite our having found that a broad technological focus is associated with success, we caution the reader to conclude that it is the particular types of advanced technologies that we describe herein that generate all the growth that has occurred. High performance firms are generally the more compleat firms in any population (Baldwin and Gellatly, 2003). Baldwin (1996) as well as Baldwin and Johnson, (1998, 1999) report that firms gaining market share or improving their relative productivity generally give greater emphasis to a host of competencies—from management skills, to technological and innovation capabilities, to finding the funds necessary to make investments in advanced technologies, and to developing human resources in order to enhance their pool of skilled workers.

This paper finds evidence of the importance of an overall comprehensive strategy as well, though our investigation here has been somewhat more restricted than in previous papers. When we

include a variable that captures the overall emphasis on technological progressiveness, this variable substantially reduces the significance of our technology variables that measure the relationship between specific advanced technologies and market performance. While a substantial effort was expended on developing the list of advanced technologies in conjunction with the help of an expert panel, we cannot claim that even our extended list of specific types of technologies is exhaustive. But we do feel that our research has found that a general emphasis on the use of advanced technologies is one of the keys to success.

We note that much of the change that we have investigated, whether it is in productivity growth or market-share changes is idiosyncratic. We have found that it is difficult to explain the growth process at the plant level. The correlation coefficients for the market-share growth equation are generally small. The same is true of the relative productivity growth equations when capital intensity is excluded. Growth is very much a stochastic process that results from firms' experimenting with different strategies. Some firms move ahead after adopting the strategy that is most suitable for the particular environment in which they find themselves. This finding qualifies the central findings of this paper. While technology adaptation is related to success, it is not the only factor that is driving market performance. There are a large number of other factors that matter.

That does not mean we should discard the finding that an advanced technology strategy is associated with superior performance. Given that a large number of factors matter in the growth process, the fact that we found any relationship between success and the adoption of advanced technologies suggests that this is an important area. And the fact that this finding has now been replicated in a number of different studies, using different surveys, in a number of different ways (Baldwin, 1996; Baldwin and Johnson, 1998; Baldwin, Diverty, and Sabourin, 1995; Baldwin, Sabourin and Smith, 2002) strengthens the argument that a technology-based innovation strategy is an important factor behind growth.

Finally, we should stress that industrial structure matters in a broad sense. Canada is a small open economy where multinationals participate actively in the manufacturing sector. Previous work has found that they have higher productivity than domestic plants (Baldwin and Dhaliwal, 2001). Here we also find that they tend to be more productive, but the degree of statistical significance is not high after all the technology and R&D variables are included—though some of this may have resulted from the small size of the sample used for the multivariate analyse. We conclude that it is this technological emphasis that accounts for most of the difference between foreign and domestic plants. This accords with findings from Baldwin, Hanel and Sabourin (2002) who report that foreign firms are generally more innovative than domestic firms, but that in a multivariate regression, this difference is substantially reduced once differences in R&D performance and other technological competencies are taken into account.

Appendix A: Principal component analysis for communication network purpose

Table A1. Eigenvectors for communication network purpose principal components

Communication network purpose	*COMNET1*	*COMNET2*	*COMNET3*	*COMNET4*	*COMNET5*
Ordering products	0.243	0.073	-0.060	0.541	-0.587
Tracking production flow	0.296	-0.278	0.118	-0.135	-0.060
On-line maintenance	0.208	-0.110	0.723	0.100	0.344
Tracking sales and inventory	0.326	-0.235	-0.197	-0.078	-0.181
Tracking distribution	0.284	-0.170	-0.059	-0.273	-0.197
Sharing technology information	0.218	0.397	0.252	0.391	-0.112
Accounting and financing	0.307	-0.136	-0.290	0.159	0.161
Human-resources purpose	0.275	-0.068	0.033	-0.005	0.216
Management planning system	0.300	-0.121	0.045	-0.131	0.036
Marketing/customer information	0.249	0.406	-0.036	-0.120	-0.019
Financial transactions	0.237	0.069	-0.485	0.282	0.564
Consumer information	0.167	0.566	-0.081	-0.525	-0.070
Production status information	0.300	-0.233	0.069	-0.183	-0.170
General reference	0.281	0.286	0.136	0.011	0.150
	COMNET6	*COMNET7*	*COMNET8*	*COMNET9*	*COMNET10*
Ordering products	0.183	0.428	-0.173	-0.134	0.115
Tracking production flow	-0.388	0.072	0.214	-0.096	0.258
On-line maintenance	0.046	0.379	-0.198	0.226	-0.007
Tracking sales and inventory	-0.067	-0.092	-0.066	0.005	-0.191
Tracking distribution	0.313	0.044	0.160	0.647	-0.260
Sharing technology information	-0.208	-0.344	0.558	0.154	-0.165
Accounting and financing	-0.035	-0.151	-0.262	0.095	-0.304
Human-resources purpose	0.619	-0.181	0.349	-0.296	0.262
Management planning system	0.215	-0.014	-0.005	-0.428	-0.130
Marketing/customer information	0.101	-0.315	-0.411	0.291	0.583
Financial transactions	-0.175	0.331	0.157	0.123	0.153
Consumer information	-0.052	0.467	0.158	-0.127	-0.125
Production status information	-0.426	-0.093	0.006	-0.095	0.269
General reference	-0.112	-0.220	-0.367	-0.272	-0.399

Appendix B: The exit process

Table B1. Logit exit model (establishment weighted)

	Logit exit model
	Likelihood of survival
Intercept	-2.045***
Initial productivity	
Productivity – 1993	-0.348**
Advanced technology use (1993)	
One ICT group only	-0.390
Two ICT groups	-0.763***
All three ICT groups	-0.459
Initial plant size	
Employment –1993	-0.0001
Plant age	
Age2	0.321
Age3	0.679***
Competition	
Compet2	0.237
Compet3	0.187
R&D performer	
Performer (93)	0.109
Region (1993)	
Quebec	0.271
Ontario	0.579*
Prairies	0.709**
British Columbia	0.081
Summary Statistics	
Number of obs	1946
χ^2	37.9

References

Armstrong, P., T. Harchaoui, C. Jackson, and F. Tarkhani. 2002. *A Comparison of Canada-U.S. Economic Growth in the Information Age, 1981-2000: The Importance of Information and Communications Technologies.* Economic Analysis Research Paper Series 11F0027MIE2002001. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R. 1995. *The Dynamics of Industrial Competition. A North American Perspective.* Cambridge: Cambridge University Press.

Baldwin, J.R. 1996. "Innovation: The Key to Success in Small Firms." In J. de la Mothe and G. Paquette (eds.). *Evolutionary Economics and the New International Political Economy.* London: Pinter.

Baldwin, J.R. 1996. "Productivity Growth, Plant Turnover and Restructuring in the Canadian Manufacturing Sector." In *Sources of Productivity Growth*, D. Mayes (ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Baldwin, J.R. 1999. *Innovation, Training and Success.* Analytical Studies Research Paper Series 11F0019MIE1999137. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R. and M. Brown. 2001. *Dynamics of the Canadian Manufacturing Sector in Metropolitan and Rural Regions.* Analytical Studies Research Paper Series 11F0019MIE2001169. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada. Also published as "The Changing Geography of the Canadian Manufacturing Sector in Metropolitan and Rural Regions, 1976-97." *The Canadian Geographer* 47(2): 116-34.

Baldwin, J.R., W. Chandler, C. Le and T. Papailiadis. 1994. *Strategies for Success: A Profile of Growing Small and Medium-sized Enterprises in Canada.* Catalogue 61-523R E. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R. and N. Dhaliwal. 2001. "Heterogeneity in Labour Productivity Growth in Manufacturing: Differences Between Domestic and Foreign Controlled Establishments." In *Productivity Growth in Canada.* Catalogue 15-204, pp. 51-76. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R., B. Diverty and D. Sabourin. 1995. *Technology Use and Industrial Transformation: Empirical Perspectives.* In T. Courchesne (ed.) *Technology, Information, and Public Policy.* John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy. Kingston, Ontario: Queens University.

Baldwin, J.R. and G. Gellatly. 2003. *Innovation Strategies and Performance in Small Firms.* Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Baldwin, J.R. and J. Johnson. 1996. "Business Strategies in Innovative and Non-Innovative Firms in Canada." *Research Policy* 25: 785-804.

Baldwin, J.R. and J. Johnson. 1998. "Innovator Typologies, Related Competencies, and Performance" in *Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective*. Edited by G. Eliasson, C. Green, and C. McCann Jr. Ann Arbor, MI: The University of Michigan Press, pp. 227-53.

Baldwin, J.R. and J. Johnson. 1999. "Entry, Innovation and Firm Growth." In *Are Small Firms Important? Their Role and Impact*. Edited by Z. Acs. Dordrecht: Kluwer, pp. 51-71.

Baldwin, J.R. and P. Hanel. 2003. *Knowledge Creation and Innovation in an Open Economy*. Cambridge: Cambridge University Press.

Baldwin, J.R., E. Rama and D. Sabourin. 1999. *Growth of Advanced Technology Use in Canadian Manufacturing During the 1990s*. Analytical Studies Research Paper Series 11F0019MIE1999105. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada. Also published in a shorter version as "Advanced Technology Use in Manufacturing During the 1990s." *Canadian Economic Observer*. Catalogue No. 11-010. March: 3.1-3.11.

Baldwin, J.R. and D. Sabourin. 2001. *Impact of the Adoption of Advanced Information and Communication Technologies on Firm Performance in the Canadian Manufacturing Sector*. Analytical Studies Research Paper Series 11F0019MIE2001174. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada. Also to be found as *Impact of the Adoption of Advanced Information and Communication Technologies on Firm Performance in the Canadian Manufacturing Sector*. OECD STI Working paper 2002/1, Statistical Analysis of Science, Technology and Industry. Directorate for Science, Technology and Industry. OECD: Paris.

Baldwin, J.R. and D. Sabourin. 2002. "Advanced technology use and firm performance in Canadian manufacturing in the 1990s." *Industrial and Corporate Change* 11(4): 761-89.

Baldwin, J.R., P. Hanel and D. Sabourin. 2002. "Determinants of Innovative Activity in Canadian Manufacturing Firms." In *Innovation and Firm Performance*, edited by A. Kleinknecht and P. Mohnen. Houndsmith, Basingstroke, Hampshire: Palgrave.

Baldwin, J.R., D. Sabourin and D. Smith. 2002. *Enhancing Food Safety and Productivity: Technology Use in the Food Processing Industry*. Analytical Studies Research Paper Series 11F0019MIE2002168. Analytical Studies Branch. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R., D. Sabourin and M. Rafiquzzaman. 1996. *Benefits and Problems Associated with Technology Adoption in Canadian Manufacturing*. Catalogue 88-514. Ottawa: Statistics Canada.

Baldwin, J.R., D. Sabourin and D. West. 1999. *Advanced Technology in the Canadian Food-Processing Industry*. Catalogue No. 88-518. Ottawa: Statistics Canada.

Caves, R.E. 1982. *Multinational Enterprise and Economic Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dilling-Hansen, M., T. Eriksson, E. Madsen and V. Smith. 1999. "The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Firm-level Data." International Conference on Comparative Analysis of Enterprise Data. The Hague, The Netherlands.

Greene, W. 1997. *Econometric Analysis.* Third Edition. New Jersey: Prentice-Hall.

Hausman, J. 1978. "Specification Tests in Econometrics". *Econometrica* 48: 697-720.

Hall, B. and J. Mairesse. 1995. "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms." *Journal of Econometrics* 65: 265-93.

Himmelberg, C.P. and B.C. Petersen. 1994. "R&D and Internal Finance: A panel Study of Small Firms in High-Tech Industries." *Review of Economics and Statistics* 76: 38-51.

Hsiao, C. 1986. *Analysis of Panel Data.* Cambridge University Press.

Lichtenberg, F.R. and D. Siegel. 1991. "The Impact of R&D Investment on Productivity: New Evidence using Linked R&D-LRD Data." *Economic Inquiry* 29: 203-28.

McGuckin, R., M. Streitwieser and M. Doms. 1998. "The Effect of Technology Use on Productivity Growth." *Economics of Innovation and New Technology,* 7: 1-26.

Nelson, R. and S. Winter. 1982. *Evolutionary Theory of Economic.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Pindyck, R. and D. Rubinfeld. 1998. *Econometric Models and Economic Forecasts.* Fourth Edition. Irwin

Sabourin, D. and D. Beckstead. 1999. *Technology Adoption in Canadian Manufacturing 1998.* Working Paper ST-99-05. Science, Innovation and Electronic Information Division. Ottawa: Statistics Canada.

Saha, A., O. Capps Jr. and P. Byrne. 1997. "Calculating Marginal Effects in Models for Zero Expenditures in Household Budgets Using a Heckman-type Correction." *Applied Economics* 49: 1311-1316.

Ten Raa, T. and E. Wolff. 1999. *Engines of Growth in the U.S. Economy.* ECIS/SCED Conference on Economic Growth, Trade and Technology, 3-4 October, Eindhoven.

Van Meijl, H. 1995. "Endogenous Technological Change: The Case of Information Technology. Theoretical Considerations and Empirical Results." MERIT, University of Limburg, Maastricht, p. 289.

Zietsma, D. and D. Sabourin. 2001. "Interprovincial Productivity Differences." *Canadian Economic Observer.* Catalogue No. 11-010. August: 3.1-3.10. Ottawa: Statistics Canada.

ECONOMIC ANALYSIS (EA)
RESEARCH PAPER SERIES

No. 001 *A Comparison of Canada-U.S. Economic Growth in the Information Age, 1981-2000: The Importance of Investment in Information and Communication Technologies,* ***Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson and Faouzi Tarkhani (March 1, 2002)***

No. 002 *Purchasing Power Parity: A Canada/U.S. Exploration,* ***Beiling Yan (May 2002)***

No. 003 *The Trend to Smaller Producers in Manufacturing: A Canada/U.S. Comparison,* ***John Baldwin, Ron S. Jarmin, Jianmin Tang (May 2002)***

No. 004 *Foreign Affiliate Trade Statistics – 1999: How Goods and Services are Delivered in International Markets,* ***Balance of Payments Division, Colleen Cardillo (April 2002)***

No. 005 *Regional Manufacturing Employment Volatility in Canada: The Effects of Specialization and Trade,* ***John Baldwin and W.Mark Brown (April 11, 2003)***

No. 006 *Growth History, Knowledge Intensity and Capital Structure in Small Firms,* ***G.Gellatly, S.Thornhill, A.Riding (August 6, 2003)***

No. 007 *Accounting for Greenhouse Gases in the Standard Productivity Framework,* ***Tarek Harchaoui, Dmitry Kabrelyan and Rob Smith (November 1, 2002)***

No. 008 *Overcoming Distance, Overcoming Borders: Comparing North American Regional Trade,* ***W.Mark Brown (April 16, 2003)***

No. 009 *Assessing the Impact of Greenhouse Gas Emissions on Canada's Productivity Growth, 1981-1996: An Expermental Approach,* ***Tarek M. Harchaoui and Pierre Lasserre (November 1, 2002)***

No. 010 *A Frontier Approach to Canada-U.S. Multifactor Productivity Performance,* ***Kaïs Dachraoui, Tarek M. Harchaoui (April 3, 2003)***

No. 011 *Participation in Export Markets and Productivity Performance in Canadian Manufacturing,* ***John R.Baldwin, Wulong Gu (August 13, 2003)***

No.012 *Impact of Advanced Technology Use on Firm Performance in the Canadian Food Processing Sector,* ***John R.Baldwin, David Sabourin and David Smith (June 3, 2003)***

No.013 *Foreign Affiliate Trade Statistics – Canadian Operations Abroad, 1999 to 2001-* ***Balance of Payments Division, by Michael Marth (May 2003)***

No.014 *The Effect of Tariff Reductions on Firm Size and Firm Turnover in Canadian Manufacturing,* ***Wulong Gu, G.Sawchuk, L.Whewell (August 19, 2003)***

No.015 *The Sources of Growth of the Canadian Business Sector's CO2 Emissions, 1990-1996,* ***by Kaïs Dachraoui, Gerry Gravel, Tarek M. Harchaoui and Joe St. Lawrence (September 2003)***

No.016 *The Impact of Self-employment on Labour Productivity Growth: A Canada and United States Comparison,* ***John R. Baldwin, James Chowhan (August 21, 2003)***

No.017 *Public Capital and Its Contribution to the Productivity Performance of the Canadian Business Sector,* ***Tarek M. Harchaoui and Faouzi Tarkhani (November 12, 2003)***

No.018 *Prosperity and Productivity: A Canada-Australia Comparison,* ***Tarek M. Harchaoui, Jimmy Jean and Faouzi Tarkhani (December 9, 2003)***

No.019 *Hollowing-out, trimming-down or scaling-up? An Analysis of head Offices in Canada, 1999-2002,* ***John Baldwin, Desmond Beckstead and Mark Brown (December 8, 2003)***

No.020 *The Effect of Changing Technology Use on Plant Performance in the Canadian Manufacturing Sector,* ***John Baldwin and David Sabourin (July 27, 2004)***

No.021 *Industrial Competition, Shifts in Market Share and Productivity Growth.* ***John Baldwin and Wulong Gu (July 22, 2004)***

Analyse économique

Documents de recherche

Effet de l'évolution de l'utilisation des technologies sur le rendement des établissements dans le secteur de la fabrication au Canada

par John R. Baldwin et David Sabourin

N° 020

Statistics Canada Statistique Canada

Canada

SÉRIE DE DOCUMENTS DE RECHERCHE SUR L'ANALYSE ÉCONOMIQUE

La série de documents de recherche sur l'analyse économique permet de faire connaître les travaux de recherche effectués par le personnel du Secteur des études analytiques et des comptes nationaux, les boursiers invités et les universitaires associés. La série de documents de recherche a pour but de favoriser la discussion sur un éventail de sujets tels que les répercussions de la nouvelle économie, les questions de productivité, la rentabilité des entreprises, l'utilisation de la technologie, l'incidence du financement sur la croissance des entreprises, les fonctions de dépréciation, l'utilisation de comptes satellites, les taux d'épargne, le crédit-bail, la dynamique des entreprises, les estimations hédoniques, les tendances en matière de diversification et en matière d'investissements, les différences liées au rendement des petites et des grandes entreprises ou des entreprises nationales et multinationales ainsi que les estimations relatives à la parité du pouvoir d'achat. Les lecteurs de la série sont encouragés à communiquer avec les auteurs pour leur faire part de leurs commentaires, critiques et suggestions.

Les documents sont diffusés principalement au moyen d'Internet. Ils peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet, à www.statcan.ca. Les documents faisant partie de la série sont diffusés dans les bureaux régionaux de Statistique Canada et aux coordonnateurs statistiques provinciaux.

Tous les documents de recherche de la Série d'analyse économique, passent à travers un processus d'évaluation des pairs et institutionnel, afin de s'assurer de leur conformité au mandat confié par le gouvernement à Statistique Canada en tant qu'agence statistique et de leur pleine adhésion à des normes de bonne pratique professionnelle, partagées par la majorité.

Les documents de cette série comprennent souvent des résultats issus d'analyses statistiques multivariées ou d'autres techniques statistiques. Il faut l'admettre, les conclusions de ces analyses sont sujettes à des incertitudes dans les estimations énoncées.

Le niveau d'incertitude dépendra de plusieurs facteurs : de la nature de la forme fonctionnelle de l'analyse multivariée utilisée; de la technique économétrique employée, de la pertinence des hypothèses statistiques sous-jacentes au modèle ou à la technique; de la représentativité des variables prises en compte dans l'analyse; et de la précision des données employées. Le processus de la revue des pairs vise à garantir que les articles dans les séries correspondent aux normes établies afin de minimiser les problèmes dans chacun de ces domaines.

Comité de révision des publications
Direction des études analytiques, Statistique Canada
18e étage, Immeuble R.-H. Coats
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
(613) 951-1804

Effet de l'évolution de l'utilisation des technologies sur le rendement des établissements dans le secteur de la fabrication au Canada

par

John R. Baldwin* et David Sabourin**

11F0027 N° 020
ISSN : 1703-0412
ISBN : 0-662-77261-X

Division de l'analyse microéconomique
18e étage, Immeuble R.H. Coats
Statistique Canada
Ottawa, K1A 0T6

*(613) 951-8588
Courriel : john.baldwin@statcan.ca

**(613) 951-3735
Courriel : sabodav@statcan.ca

Juillet 2004

Les noms des auteurs sont inscrit selon l'ordre alphabétique.

Ce document reflète les opinions des auteurs uniquement et non celles de Statistique Canada.

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Ministre de l'industrie, 2004

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire ou de transmettre le contenu de la présente publication, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, enregistrement sur support magnétique, reproduction électronique, mécanique, photographique, ou autre, ou de l'emmagasiner dans un système de recouvrement, sans l'autorisation écrite préalable des Services de concession des droits de licence, Division du marketing, Statistique Canada, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0T6.

Also available in English

Table des matières

RÉSUMÉ 3

SOMMAIRE 4

1. INTRODUCTION 8

2. MÉTHODOLOGIE ET SOURCES DES DONNÉES 9

3. LE PROCESSUS DE CROISSANCE 12

4. TECHNOLOGIES 16

5. ANALYSE MULTIVARIÉE 19

5.1 MODÈLE 19

6. RÉSULTATS EMPIRIQUES 28

6.1 RÉSULTATS DE L'APPLICATION DE LA MÉTHODE DES MCO 28

6.2 ESTIMATIONS SIMULTANÉES ET CORRIGÉES POUR TENIR COMPTE DE LA SÉLECTION 31

7. CONCLUSION 35

ANNEXE A : ANALYSE DES PRINCIPALES COMPOSANTES DES FINS AUXQUELLES LE RÉSEAU DE COMMUNICATIONS EST UTILISÉ 39

ANNEXE B : LE PROCESSUS DE SORTIE 40

BIBLIOGRAPHIE 41

Résumé

Le présent document porte sur le lien entre l'évolution de l'utilisation des technologies par les différents établissements du secteur de la fabrication au Canada et deux mesures du rendement, soit la croissance de la productivité et la croissance de la part de marché. Les auteurs se penchent sur la question de savoir si les établissements adoptent de nouvelles technologies de pointe et, dans l'affirmative, s'ils affichent un rendement supérieur sur ces deux plans. Ils utilisent à cette fin une combinaison de données de panel sur l'utilisation des technologies de pointe tirées de l'enquête sur les technologies de pointe dans le secteur de la fabrication menée par Statistique Canada en 1993 et en 1998 et de données longitudinales sur le rendement des établissements.

On observe une association significative entre la croissance de l'utilisation des technologies durant la période à l'étude et la croissance de la productivité relative. La croissance de la productivité relative du travail se traduit à son tour par une croissance de la part de marché. Les établissements qui augmentent l'efficacité de leur production ou améliorent la qualité de leurs produits réussissent à élargir leur part de marché. La croissance de l'utilisation des technologies de pointe a également un effet positif sur la croissance de la part de marché d'un établissement, probablement à cause de son effet sur l'innovation en matière de produits. Le marché récompense les entreprises qui sont devenues plus efficaces ou qui ont amélioré la qualité de leur produit et, en même temps, leur productivité du travail, en augmentant leur part de marché.

Le présent document examine également d'autres caractéristiques des établissements qui sont liées à la croissance de la productivité et de la part de marché. Il appert que l'utilisation de réseaux d'information et de communication pour commander des biens et services est associée à une plus forte croissance de la productivité.

Mots clés : croissance de la productivité, technologies de pointe, croissance de la part de marché, données de panel

Sommaire

Un examen des diverses entreprises donne d'importants indices quant à la nature du processus de croissance de l'économie dans son ensemble. L'économie est simplement la somme de ses composantes, dont bon nombre sont des entreprises privées. Le rendement économique de la macro-économie dépend de la santé et du dynamisme de ces différentes entreprises.

Par conséquent, les études antérieures de Statistique Canada ont porté surtout sur le lien entre la croissance et l'innovation en examinant des populations particulières d'entreprises, soit les entreprises de taille petite et moyenne ou les nouvelles entreprises (Baldwin et coll., 1994, Baldwin, 1996, Baldwin et Johnson, 1999). Dans tous trois documents, nous avons déclaré que les entreprises qui adoptent une stratégie plus novatrice sont celles qui prennent de l'expansion le plus rapidement.

L'innovation comporte de nombreux aspects, dont l'un des plus importants est la stratégie de l'entreprise. Les entreprises qui adoptent d'importantes innovations en matière de produits souvent adoptent aussi de nouvelles technologies de pointe à l'appui de l'adoption de l'innovation.

L'utilisation des technologies de pointe dans le secteur de la fabrication au Canada a été examinée à l'aide de données tirées de plusieurs enquêtes (voir Baldwin, Rama et Sabourin, 1999). Ces enquêtes nous permettent de déterminer si les technologies de pointe sont utilisées mais non si l'utilisation de ces technologies de pointe est associée à un rendement économique supérieur. C'est l'objet du présent document.

Nous tâchons de répondre à cette question ici en examinant la mesure dans laquelle l'adoption de technologies de pointe entre 1993 et 1998 par les établissements de fabrication était associée à une croissance et une productivité supérieures durant cette période. Pour ce faire, nous établissons un lien entre l'Enquête de 1993 sur les innovations et les technologies de pointe et l'Enquête de 1998 sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication, afin de pouvoir comparer les profils technologies des établissements au fil du temps. Ces deux enquêtes nous permettent non seulement d'établir le profil de l'utilisation de technologies par chaque établissement mais de déterminer si les établissements font de la R-D, s'ils appartiennent à des intérêts étrangers et l'accent qui est mis sur plusieurs compétences, allant des ressources humaines à l'adoption de nouvelles technologies. En outre, nous établissons un lien entre les établissements sur lesquels portent ces deux enquêtes et l'Enquête annuelle des manufactures, ce qui nous permet de faire le suivi de la taille de chaque établissement observé et de sa productivité du travail de manière à déterminer si les établissements augmentent leur part de marché ou deviennent relativement plus productifs.

Le présent document vient s'ajouter utilement aux ouvrages macro-économiques qui soulignent l'importance des TIC (technologies de l'information et des communications). Toutefois, il est de portée beaucoup plus vaste que ces ouvrages qui, en général, portent uniquement sur les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communication. Dans le présent document, nous examinons une gamme beaucoup plus vaste d'investissements dans les technologies de pointe — par exemple, les robots, les systèmes de fabrication flexibles et les systèmes de stockage

automatisés. Le montant de l'investissement dans la révolutionnaire puce électronique est plus important que l'investissement dans les ordinateurs seulement, particulièrement dans le secteur de la fabrication.

Dans le présent document, nous posons trois questions.

1) Quelles est l'ampleur du changement dynamique qui se produit dans le secteur de la fabrication?

Pour répondre à cette question, nous tâchons de déterminer dans quelle mesure la position relative des établissements change selon leur taille (mesurée par leur part de marché) et leur productivité (mesurée par leur productivité relative). Nous constatons qu'une proportion considérable de la part de marché passe des entreprises en déclin aux entreprises en expansion, soit en moyenne 15 % par branche d'activité durant la période à l'étude. En même temps, les établissements qui augmentent leur part de marché augmentent aussi leur productivité par rapport à ceux dont la part de marché diminue. Au début de la période étudiée, la productivité des établissements dont la part de marché augmentera est 16 % inférieure à celle des établissements dont la part de marché diminuera. À la fin de la période, leur productivité est de 17 % supérieure. Le système concurrentiel récompense les établissements qui deviennent relativement plus productifs, en augmentant leur part de marché.

2) Quel est le lien entre l'adoption de technologies de pointe et les améliorations de la productivité dans les établissements de fabrication?

Pour répondre à cette question, nous élaborons et estimons un modèle structurel dynamique qui postule que le choix des technologies influe sur la croissance de la productivité, ce qui, à son tour, influe sur la croissance de la part de marché.

Nous constatons qu'une plus grande utilisation des technologies de pointe entre 1993 et 1998 se traduit par une plus forte croissance de la productivité durant cette période. L'utilisation initiale intensive de technologies a un effet positif mais non significatif dans l'échantillon utilisé aux fins du présent document. Enfin, à l'appui de notre conclusion, nous constatons que, de façon générale, le fait de mettre davantage l'accent sur une stratégie technologique a un effet positif sur la croissance de la productivité.

L'incidence des technologies de pointe tient en partie à leur effet sur l'augmentation de l'intensité de capital. Néanmoins, c'est l'utilisation accrue de technologies de pointe qui est le moteur du processus d'accumulation de capital. D'autres études sur le Canada (Armstrong et coll., 2002) ont montré que les investissements dans les TIC représentaient une part croissante du capital accumulé du milieu jusque vers la fin des années 90. Les microdonnées présentées dans ce document montrent pourquoi. Les établissements qui investissaient massivement dans ces technologies prenaient de l'expansion plus rapidement que ceux qui n'investissaient pas.

Même si ce processus est attribuable en partie à l'accumulation de capital, il est difficile pour les entreprises de décider des biens d'équipement appropriés et de prendre les bonnes décisions en matière d'investissement. Chaque entreprise dispose d'une vaste gamme d'actifs. Certaines

seulement réussissent à les intégrer avec succès à leur processus de production. Celles qui le font augmentent leur productivité relative et élargissent leur part de marché.

Le présent document fournit en outre des précisions sur les domaines dans lesquels les nouvelles technologies de l'information et des communications contribuent le plus au succès. Le matériel lié aux technologies de l'information et des communications peut être utilisé à différentes fins, y compris pour tenir des bases de données aux fins d'analyse, faire des opérations financières, vendre des produits sur Internet ou faciliter le processus de commande. Les établissements qui utilisaient leurs réseaux de communications électroniques pour accroître l'efficacité du processus de commande étaient plus susceptibles d'avoir amélioré leur productivité. Ce résultat est conforme à notre constatation précédente (Baldwin, 1996) selon laquelle les entreprises plus prospères étaient celles qui mettaient l'accent sur le contrôle de l'inventaire juste à temps.

3) Quel est le lien entre l'adoption de technologies de pointe et la croissance de l'entreprise?

Il y a un lien entre la croissance de la productivité au cours de la période à l'étude et l'élargissement de la part de marché durant cette même période. De façon générale, les entreprises qui affichent une plus forte croissance de la productivité ont vu leur part de marché augmenter.

En outre, l'utilisation accrue de technologies de pointe avait un effet positif direct sur l'élargissement de la part de marché d'un établissement, probablement en raison de son incidence sur l'innovation en matière de produits. Ainsi, les acquisitions de technologie ont à la fois un effet direct et un effet indirect sur la croissance de la part de marché par leur effet sur la croissance de la productivité. À la fin de la période étudiée, le marché avait récompensé les établissements qui étaient devenus plus efficaces ou qui avaient amélioré la qualité de leur produit et, en même temps, leur productivité du travail en augmentant leur part de marché.

Nous montrons également que les investissements complémentaires autres que dans les technologies de pointe importent également. Nous constatons que la R-D est un déterminant important de la croissance de la part de marché d'un établissement. Une stratégie de R-D est un facteur complémentaire qui contribue à l'élaboration de nouveaux produits, au même titre qu'une stratégie d'innovation de pointe. Le fait que la R-D, comme nous le constatons, influe sur la part de marché mais non sur la croissance de la productivité relative souligne l'effet plus important de cette activité côté produit que côté procédé.

Pour terminer, nous faisons plusieurs mises en garde. En particulier, nous signalons que, pour prospérer, les entreprises novatrices doivent se doter de compétences supérieures dans une vaste gamme de domaines. Dans le présent document, si nous avons souligné l'importance de compétences autres que strictement technologiques, nous ne prétendons pas avoir traité de tous les aspects des compétences des entreprises. L'utilisation de technologies de pointe mesurée dans le présent document est probablement liée à une foule d'autres compétences. Néanmoins, étant donné les nombreux déterminants de la croissance, la constatation d'un rapport entre le succès et l'adoption de technologies de pointe laisse supposer qu'il s'agit là d'un domaine important. En outre, le fait que plusieurs études fondées sur les données de différentes enquêtes utilisées de différentes façons (Baldwin, 1996; Baldwin et Johnson, 1998; Baldwin, Diverty et

Sabourin, 1995; Baldwin et Sabourin, 2002; Baldwin, Sabourin et Smith, 2002) ont abouti à des résultats semblables renforce l'argument selon lequel une stratégie d'innovation axée sur la technologie est l'un des principaux déterminants de la croissance.

1. Introduction

Le présent document porte sur le lien entre l'évolution de l'utilisation des technologies par les différents établissements du secteur de la fabrication au Canada et le rendement de ces derniers.

Des changements structurels surviennent dans une branche d'activité lorsque les établissements gagnent et perdent du terrain sur le marché. On a observé un lien étroit entre ce roulement et les changements survenus sur le plan de la productivité relative (Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995; Baldwin et Sabourin, 2001). Dans le présent document, nous examinons le lien qui existe entre la variation des parts de marché et de la productivité et le changement technologique, c'est-à-dire l'adoption de nouvelles technologies de fabrication de pointe.

En général, l'intégration de nouvelles technologies au processus de production se fait lentement. En outre, les établissements n'ont pas tous le même rythme d'adoption de nouvelles technologies. Même s'ils ont accès en tout temps à un éventail de nouvelles technologies de pointe, tous ne choisissent pas les mêmes. En outre, un ensemble donné de nouvelles technologies ne donne pas à tous le même rendement. Les établissements suivent des trajectoires technologiques différentes (Nelson et Winter, 1982), c'est-à-dire que l'environnement dans lequel l'établissement mène ses activités et l'historique de cet établissement déterminent ses tendances en matière d'adoption de technologies et son succès.

Dans le présent document, nous nous penchons sur la question de savoir si les établissements adoptent de nouvelles technologies de pointe et, en pareil cas, s'ils affichent un rendement économique supérieur. Nous utilisons à cette fin une combinaison de données de panel sur l'utilisation des technologies de pointe à deux moments précis et de données longitudinales sur le rendement des établissements. La croissance de la productivité et la croissance de la part de marché sont les deux mesures du rendement utilisées dans la présente étude.

L'utilisation de technologies de pointe peut avoir plusieurs répercussions sur un établissement. Elle peut accroître la productivité ou l'efficacité de l'établissement et lui permettre de vendre ses produits à des prix plus faibles. Ces prix plus faibles, à leur tour, devraient permettre à l'établissement d'accroître sa part de marché. Ou bien, de nouvelles technologies peuvent faciliter l'innovation du point de vue des produits ou améliorer la qualité du produit, ce qui devrait également se traduire par une augmentation de la part de marché.

Dans le présent document, nous nous penchons sur la question de savoir si les établissements de fabrication qui ont augmenté leur taux d'adoption de différentes technologies de pointe ont vu leur productivité du travail croître plus rapidement que ceux qui ne l'ont pas augmenté La productivité du travail peut augmenter en raison soit d'une amélioration sur le plan de l'efficacité, soit d'une augmentation de l'intensité de capital. On s'attend à de que l'adoption de technologies de pointe ait un effet sur l'un et l'autre plan. On constate que les nouvelles technologies de pointe permettent de produire plus avec moins. Elles augmentent aussi probablement les besoins en capital.

Comme les articles publiés sur la productivité mettent fortement l'accent sur les différences entre les deux facteurs auxquels tiennent les changements sur le plan de la productivité du travail, nous

tâchons de tenir compte ici des répercussions des changements sur le plan de l'intensité de capital. Nous postulons cependant qu'aux fins de notre étude, la distinction entre l'effet de l'efficacité pure et l'approfondissement du capital n'est pas aussi utile que ne le laisse supposer l'orientation des articles sur la productivité publiés dans le passé.

Nous cherchons à déterminer s'il y a un lieu entre l'adoption de technologies de pointe et la croissance d'une entreprise. L'approfondissement du capital fait partie de la stratégie de croissance de la plupart des établissements. Les grands établissements diffèrent des petits en ce qu'ils utilisent plus de capital par travailleur. Pour prendre de l'expansion, les établissements doivent maîtriser le processus de remplacement du travail par le capital, ce qui n'est pas facile. Les établissements qui prennent de l'expansion réussissent à maîtriser ce processus, contrairement à ceux qui perdent du terrain sur le marché. Le processus d'approfondissement du capital exige donc des compétences spéciales. Il est aussi intéressant de voir que l'adoption de nouvelles technologies fait partie du processus d'approfondissement du capital que d'apprendre qu'elle entraîne des gains d'efficacité pure.

Le présent document est organisé de la manière suivante. La première partie présente la méthodologie et les données qui seront utilisées. La deuxième partie porte sur le processus de croissance dans le secteur de la fabrication au Canada. Nous examinons plus particulièrement la mesure dans laquelle les établissements connaissent une expansion ou un déclin sur le plan de la productivité et, par la suite, voient leur part de marché augmenter ou diminuer. La troisième partie porte sur le lien entre le changement technologique et la croissance de la part de marché et de la productivité. Nous examinons le lien entre le rendement de l'établissement et l'utilisation de technologies de fabrication de pointe, comme les contrôleurs programmables, les réseaux locaux et l'équipement de conception et d'ingénierie assistées par ordinateur.

2. Méthodologie et sources des données

Des études antérieures ont révélé qu'il existe un lien entre l'utilisation de technologies de pointe et la croissance de la productivité des établissements. En nous fondant sur les données d'une enquête sur l'utilisation de technologies couplées ensuite aux données longitudinales sur le rendement tirées du Recensement des manufactures, nous avons constaté un lien positif et significatif entre la croissance de la productivité au cours d'une période et l'utilisation de technologies de pointe à la fin de la période. Baldwin, Diverty et Sabourin (1995) et Baldwin et Sabourin (2001) déclarent que les établissements qui utilisaient des technologies de pointe à un moment donné (1989 et 1998, respectivement) ont connu un rendement supérieur durant la période précédant la mesure de l'utilisation de technologies (les années 80 et 90, respectivement).

Les auteurs de ces études ont étudié l'effet de l'utilisation de technologies de pointe au moyen de la formule suivante :

1) $\Delta PERF_{t-\tau,t} = f(Tech_t, X_t)$

où $\Delta PERF_{t-\tau,t}$ est la variation du rendement d'un établissement mesuré durant la période $t-\tau$ à t, $Tech_t$ est une mesure de l'utilisation de technologies de pointe à la fin de la période durant l'année t et X_t est un ensemble de caractéristiques au temps t.

Étant donné que l'utilisation de technologies de pointe à la fin de la période est simplement la somme de l'utilisation de technologies de pointe au début de la période $Tech_{t-\tau}$, et de la variation de l'utilisation de technologies de pointe durant la période $\Delta Tech_{t-\tau,\ t}$, nous pouvons réécrire l'équation 1 comme suit :

2) $\Delta PERF_{t-\tau,t} = f(Tech_{t-\tau} + \Delta Tech_{t-\tau,t}, X_t)$[1]

Étant donné le résultat d'études antérieures selon lequel il y a un lien entre le rendement et l'utilisation de technologies à la fin de la période, le rendement est positivement corrélé à la combinaison d'utilisation de technologies au début de la période et de variation durant la période. Dans le présent document, nous utilisons des données de panel pour isoler l'effet de l'utilisation de technologies au début de la période et celui de la variation de l'utilisation de technologies sur le rendement. L'avantage des données de panel tient à ce qu'elles nous permettent de décomposer les effets d'utilisation de technologies à la fin de la période en effets de début de période et effets de croissance. Les données de panel nous permettent d'examiner la variation non seulement du rendement des établissements mais de l'utilisation de technologies.

Nous utiliserons ici deux mesures du rendement d'un établissement par rapport à la norme de la branche d'activité, soit la croissance relative de la productivité du travail et la croissance de la part de marché. La productivité relative du travail d'un établissement se définit comme la productivité du travail de l'établissement par rapport à la productivité moyenne du travail dans sa branche d'activité. La part de marché se définit comme étant l'excédent des ventes de l'établissement sur les ventes de tous les établissements dans la même branche d'activité à quatre chiffres.

Le rendement durant une période donnée devrait être fonction de l'utilisation de technologies au début de la période puisque l'adoption et l'utilisation de technologies de pointe supposent un processus d'apprentissage. La croissance de la productivité devrait également être liée à la croissance de l'utilisation de technologies durant la période.

Pour examiner le lien entre le rendement des producteurs et leurs compétences technologiques, nous comparons le rendement des établissements et leur profit technologique au milieu des années 90. Les données sur les technologies de pointe sont les données d'un panel longitudinal tirées de l'Enquête de 1993 sur les innovations et les technologies de pointe et de l'Enquête de 1998 sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication. Nous y avons couplé des données longitudinales mesurant le rendement économique tirées de l'Enquête annuelle des manufactures de Statistique Canada. Cette base de données contient des données annuelles sur l'emploi (production et autres domaines que la production), la productivité du travail (valeur ajoutée par travailleur), les salaires et traitements, les expéditions manufacturières

1 Le coefficient estimé d'une telle équation sera une moyenne pondérée des coefficients rattachés à $Tech_{t-\tau}$ et à $\Delta Tech_{t-\tau,\ t}$.

et totales, et la valeur ajoutée manufacturière et totale pour les établissements canadiens de fabrication[2].

L'enquête de 1998 sur les technologies s'appuie sur une base de sondage d'établissements de fabrications canadiens tirés du Registre des entreprises de Statistique Canada. L'échantillon a été prélevé au hasard à même une population d'établissements de fabrication stratifiée selon la branche d'activité et la taille. Le taux de réponse global de l'enquête à été de 98 %.

L'enquête de 1998 sur les technologies a été conçue de manière à fournir un panel longitudinal pour un ensemble d'établissements pouvant être lié à l'Enquête de 1993 sur les innovations et les technologies de pointe. On n'a pas créé le panel en prenant deux échantillons indépendants en 1993 et en 1998, puis en tâchant de trouver des établissements qui menaient des activités l'une et l'autre année[3]. On obtient souvent en pareil cas des échantillons non représentatifs. Plutôt, l'échantillon de 1998 a été tiré de celui de 1993 de manière à produire un échantillon aléatoire et représentatif pouvant être utilisé pour déterminer les caractéristiques de la population réelle d'établissements existants. Tous les résultats présentés ici sont pondérés selon l'établissement de manière à refléter les résultats de la population plutôt que les résultats de l'échantillon.

Les données de panel tirées des enquêtes de 1993 et de 1998 sur les technologies sont couplées aux données longitudinales pour les années 1993 à 1997 tirées de l'Enquête annuelle (Recensement) des manufactures, qui couvre presque l'univers des établissements de fabrication au Canada[4]. Cet ensemble de données couplées nous fournit des renseignements sur l'évolution de l'utilisation de technologies de pointe et des caractéristiques connexes pour un échantillon d'établissements qui ont mené des activités durant l'une et l'autre période. Dans un document antérieur (Baldwin et Sabourin, 2001), nous avons utilisé une base de données couplant les données de l'enquête de 1998 sur les technologies aux données longitudinales sur les établissements couvrant la période de 1988 à 1997 et examiné le lien entre le rendement au cours de cette période et les technologies adoptées en 1998. La base de données utilisée ici est supérieure en ce qu'elle nous permet d'examiner le lien entre le rendement et l'évolution de l'utilisation des technologies ainsi que l'utilisation de technologies durant la période initiale, mais elle présente aussi certains inconvénients. La base de données de l'échantillon représentatif de 1998 sur l'utilisation des technologies contient plus de 2 000 observations; le panel utilisé ici ne comprend qu'environ 400 observations, principalement en raison des contraintes imposées dans le plan d'enquête pour l'enquête de 1998 dont il a fallu tenir compte en établissant le panel utilisé dans cette enquête. Étant donné le plus petit nombre d'observations pour le panel longitudinal, il sera plus difficile de cerner des liens significatifs dans ce cas que dans celui de l'échantillon représentatif.

---

2 La valeur ajoutée totale diffère de la valeur ajoutée manufacturière en ce qu'elle comprend aussi la valeur ajoutée des activités non manufacturières des établissements de fabrication qui sont intrinsèques aux activités manufacturières de l'établissement.

3 C'était la méthode utilisée par McGuckin et coll., 1998, dans leur étude de l'effet de l'évolution de l'utilisation des technologies sur le rendement des établissements de fabrication aux États-Unis.

4 Aux fins du présent document, nous n'avons utilisé que les données sur les années 1993 à 1997 tirées du Recensement des manufactures. Par conséquent, nous comparons l'évolution du rendement entre 1993 et 1997 et l'utilisation de technologies en 1998. L'enquête de 1998 a été menée au début de cette année.

3. Le processus de croissance

Avant d'examiner le lien entre l'utilisation des technologies et le rendement, il importe de cerner l'évolution dynamique de la population sous-jacente. En l'absence d'une variation de la productivité relative de la part de marché, il est peu probable qu'une variation du rendement relatif soit liée à l'adoption de technologies.

Certains établissements augmentent leur productivité relative alors que d'autres se laissent distancer. En outre, croissance et déclin sont présents puisque certains établissements élargissent leur part de marché tandis que d'autres perdent du terrain. Sur une longue période, les mouvements sur les plans de la productivité relative et de la part de marché sont considérables. En outre, ils sont reliés. Les établissements qui augmentent l'efficacité de leur production ou qui améliorent la qualité de leurs produits réussissent à élargir leur part de marché.

Le tableau 1 montre la mesure dans laquelle la croissance et le déclin des établissements modifient leur classement relatif selon leur part de marché au cours de la période à l'étude. Les parts de marché des établissements se mesurent ici comme le total des livraisons d'un établissement par rapport au total des livraisons de la branche d'activité, calculés au niveau du code à quatre chiffres pour l'année de début (1993) et l'année de fin (1997) de la période. Nous divisons les établissements en quartiles pour chacune de ces deux années en fonction du classement selon leur part de marché. La première partie du tableau 1 montre les mouvements à la hausse et à la baisse des établissements existants dans la hiérarchie des parts de marché dans la population permanente des établissements[5]. Cette partie du tableau donne le pourcentage des établissements existants qui se situaient dans le même quartile qu'au moment où ils ont ouvert leurs portes, qui sont montés ou descendus d'un quartile ou deux, ou qui n'ont pas bougé. La deuxième partie du tableau fournit des renseignements similaires mais découlant de notre ensemble de données obtenues par panel spécialement construit. Les résultats sont presque identiques dans le cas de l'une et l'autre population. Les données de panel pondérées utilisées aux fins de cette analyse représentent la population d'établissements existants.

Au cours de la période de quatre ans étudiée, les positions relatives des établissements ont beaucoup changé[6]. Au moins le quart des établissements qui se situaient dans l'un des deux quartiles du milieu au début de la période ne s'y trouvaient plus à la fin de la période[7]. L'on observe davantage d'inertie chez les établissements qui se situaient dans le quartile inférieur ou supérieur, principalement parce que leurs possibilités de mouvement sont tronquées, soit vers le haut pour le quartile supérieur, soit vers le bas pour le quartile inférieur. Entre 80 % et 90 % des établissements dans ces deux groupes sont restés dans le même quartile. Moins de 20 % sont passés à une autre catégorie.

---

5 Dans le tableau 1, les quartiles sont calculés pour tous les établissements, mais les parts reréparties ne le sont que pour les établissements existants.

6 Pour des données portant sur une plus longue période, soit celle de 1988 à 1997, voir Baldwin et Sabourin (2001).

7 Durant la période de 1988 à 1997, la proportion des établissements qui avaient quitté les deux quintiles du milieu avait augmenté à plus de 40 %.

Tableau 1. Matrice de la transition des parts de marché des établissements existants et du panel (1993-1997)

Quartiles des parts de marché (1993)	Quartiles des parts de marché (1997)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
	Pourcentage des établissements			
Établissements existants (1993-1997)				
Q1	85	13	1	0
Q2	14	71	15	1
Q3	1	15	72	12
Q4	0	1	12	87
Panel (1993-1997)				
Q1	83	17	0	0
Q2	2	73	25	0
Q3	0	9	68	23
Q4	0	1	8	91

Autrement dit, environ 15 % de la part de marché dans une branche d'activité moyenne à quatre chiffres selon la CTI est passée des établissements existants dont la part de marché a diminué aux établissements existants dont la part de marché a augmenté durant la période à l'étude.

Nous constatons encore plus de mouvement sur le plan de la productivité relative. La productivité relative d'un établissement est la productivité de cet établissement divisée par la productivité moyenne pondérée de tous les établissements dans la branche d'activité. Pour suivre le mouvement des établissements existants au moyen d'une matrice de la transition de la productivité, nous avons classé les établissements selon leur productivité relative du travail en 1993 et en 1997, puis dans les quartiles appropriés en chacune de ces années. Le tableau 2 montre le pourcentage d'établissements dont la position relative s'est améliorée, n'a pas changé ou s'est détériorée.

On observe une variation importante du classement sur le plan de la productivité au cours de la période de quatre ans à l'étude. Dans le cas des établissements existants, seulement six des dix établissements se situant initialement dans les quartiles supérieur et inférieur s'y trouvaient encore à la fin de la période[8]. Nous constatons encore plus de mouvement chez les établissements dans les deux quartiles du milieu, moins de la moitié se trouvant toujours dans le même quartile à la fin de la période. On peut donc conclure soit à une variation considérable de l'efficacité relative des établissements, soit à une variation importante de leur intensité de capital relative. Même si l'on observe une certaine inertie dans le système, c'est-à-dire que les établissements les plus productifs demeurent relativement plus productifs au fil du temps, on constate néanmoins une évolution marquée de leur productivité relative.

8 Pour la période de 1988 à 1997, seulement 50 % sont restées dans les quintiles inférieur et supérieur.

Tableau 2. Matrice de la transition de la productivité relative du travail des établissements existants et du panel (1993-1997)

Quartiles de la productivité relative du travail (1993)	Quartiles de la productivité relative du travail (1997)			
	Q1	Q2	Q3	Q4
	Pourcentage des établissements			
Établissements existants (1993-1997)				
Q1	58	25	11	6
Q2	25	44	21	10
Q3	11	22	42	25
Q4	7	9	25	59
Panel (1993-1997)				
Q1	58	19	19	4
Q2	32	40	21	8
Q3	11	9	48	33
Q4	10	7	19	63

Jusqu'ici, nous avons examiné la variation de la part de marché et la variation de la productivité indépendamment l'une de l'autre. Or, elles devraient être reliées. Les établissements augmentent leur part de marché de différentes façons. Ils peuvent attirer des clients en baissant leurs prix ou en offrant des produits de meilleure qualité. Un niveau de productivité du travail plus élevé permet à l'établissement d'offrir l'un ou l'autre incitatif ou les deux. Dans l'un et l'autre cas, nous pouvons nous attendre à ce que la variation de la productivité relative d'un établissement soit généralement associée à une augmentation de sa part de marché.

Pour illustrer la mesure dans laquelle l'augmentation de la part de marché s'accompagne de l'augmentation de la productivité relative du travail, nous répartissons les établissements existants en deux groupes de taille égale selon l'ampleur de la variation de leur part de marché au cours de la période à l'étude (établissements en expansion et établissements en déclin). Nous nous penchons sur deux questions. En premier lieu, nous tâchons de déterminer si les différences sur le plan de la productivité du travail au début de la période permettent de prévoir quels établissements sont susceptibles d'enregistrer une croissance plus élevée durant la période à l'étude. En deuxième lieu, nous tâchons de déterminer si les établissements qui améliorent leur productivité relative augmentent également leur part de marché.

Tableau 3. Productivité relative moyenne du travail selon la croissance de la part de marché

Variation de la part de marché (1988-1997)	Productivité relative du travail (PRT)		ΔPRT
	1993	1997	1988 à 1997
Croissance faible	1,09	0,91	-0,18
Croissance élevée	0,92	1,06	0,16

Nous constatons que la productivité relative du travail des établissements en expansion est inférieure à celle des établissements en déclin au début de la période (tableau 3). Le succès au début de la période en ce qui a trait à la productivité relative n'est pas un bon prédicteur de croissance de la part de marché au cours d'une période subséquente. À la fin de la période, toutefois, les établissements dont la part de marché s'accroît réussissent à augmenter en même

temps leur productivité relative. En 1997, leur productivité relative est supérieure à celle du groupe en déclin. Le marché a compensé les établissements qui ont réussi à accroître leur productivité du travail en augmentant leur part de marché.

Plusieurs études portant sur le secteur canadien de la fabrication font état de ce phénomène. Baldwin (1995) a examiné la variation entre 1970 et 1979 de la productivité relative des établissements qui ont mené des activités durant toute cette période. Le ratio moyen de la productivité des établissements gagnants par rapport aux établissements perdants en 1970 était de 0,98. En 1979, il était de 1,34. Baldwin (1996) a examiné des variations semblables durant trois périodes, soit de 1973 à 1979, de 1979 à 1985 et de 1985 à 1990. La productivité relative des établissements dont la part de marché a augmenté et de ceux dont la part de marché a diminué était toujours inférieure à un au début de la période (0,99, 0,98 et 0,95, respectivement) et considérablement supérieure à la fin de la période (1,26, 1,33 et 1,28, respectivement). Baldwin et Sabourin (2001) ont examiné les variations survenues de 1988 à 1997 et conclu que la productivité relative des établissements dont la part de marché a augmenté et de ceux dont la part de marché a diminué avait augmenté d'environ 28 points de pourcentage durant cette période.

Il existe une autre façon d'examiner le lien entre la variation de la part de marché et celle de la productivité relative. Au tableau 4, nous divisons la population d'établissements en deux groupes, selon que leur productivité relative a augmenté ou diminué. Nous calculons ensuite la croissance de la part de marché de chaque groupe. Classant les établissements existants comme établissements en expansion ou en déclin, selon la variation de leur productivité durant la période à l'étude, nous en arrivons à la conclusion que le groupe des établissements en expansion dont la productivité a augmenté a élargi sa part de marché durant la période à l'étude de 17 % par rapport à la population dans son ensemble, tandis que le groupe des établissements en déclin dont la productivité a diminué a perdu environ 9 % de sa part de marché (tableau 4). Ainsi, les établissements qui ont augmenté leur productivité relative durant la période ont également réussi à accroître leur part de marché. À la fin de la période, le marché avait récompensé ceux qui étaient devenus plus efficaces ou qui avaient amélioré la qualité de leur produit et, en même temps, leur productivité du travail, en augmentant leur part de marché.

Tableau 4. Croissance de la part de marché selon la croissance de la productivité

Croissance de la productivité relative du travail (1993-1997)	Part de marché (PM)		Δ PM (%)	Nombre N
	1993	1997	1993 à 1997	
Établissements existants (1993-1997)[9]				
• *Établissements en expansion (Δ PRT > 0)*	0,012	0,014	17	7 710
• *Établissements en déclin (Δ PRT < 0)*	0,011	0,010	-9	9 910
PANEL (1993 À 1997)				
• *Établissements en expansion (Δ PRT > 0)*	0,037	0,041	10	182
• *Établissements en déclin (Δ PRT < 0)*	0,030	0,027	-10	208

9 À l'exclusion des établissements de transformation des aliments et des établissements comptant moins de 10 employés.

4. *Technologies*

Dans la présente étude, nous tâchons de déterminer le lien entre l'évolution du rendement sur le marché et le niveau ainsi que la variation de l'utilisation de technologies de pointe. Dans ce dernier cas, les données ont été tirées de deux enquêtes de Statistique Canada, soit l'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993 et de l'Enquête sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication de 1998.

Les enquêtes sur l'utilisation de technologies portaient sur 26 technologies de pointe utilisées dans de nombreux domaines fonctionnels, y compris conception et ingénierie, traitement, fabrication et assemblage, communications en réseau, intégration et contrôle, manutention automatisée des matières et inspection[10]. Les technologies s'inscrivent dans une vaste gamme qui comprend les techniques assistées par ordinateur appliquées à la conception et à l'ingénierie, les robots employés dans la fabrication et l'assemblage, les réseaux informatiques utilisés pour communiquer et contrôler, les systèmes de fabrication intégrée par ordinateur utilisée aux fins d'intégration et de contrôle, les systèmes de stockage automatisés utilisés aux fins de la manutention automatisée des matières et les systèmes automatisés d'inspection utilisés dans le domaine fonctionnel de l'inspection.

L'utilisation de technologies de pointe a augmenté entre 1993 et 1998 (tableau 5). Les technologies de communication en réseau ont connu la plus forte croissance (29 points de pourcentage). L'intégration et le contrôle ainsi que la fabrication ont également connu une augmentation importante, soit de 25 et de 20 points de pourcentage, respectivement.

Ces résultats révèlent un lien étroit entre les taux de croissance relative vers la fin des années 90 et le rendement ou le succès relatif des différentes technologies utilisées dans les années 80. Dans notre étude antérieure (Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995), nous avons constaté que les établissements utilisant des technologies des communications ont particulièrement prospéré au cours des années 80. Il n'est donc pas étonnant que l'utilisation de technologies de pointe ait augmenté le plus dans ce domaine fonctionnel. Celui de l'intégration et du contrôle, également associé à une plus grande prospérité au cours de la décennie précédente, s'est classé deuxième pour le taux de croissance de l'adoption de technologies de pointe au milieu des années 90.

10 L'enquête de 1998 portait sur un nombre légèrement plus grand de technologies que l'enquête de 1993. Nous nous penchons dans la présente étude seulement sur les technologies courantes; trois des 26 technologies de pointe particulières — les lasers utilisés dans le traitement des matériaux, l'usinage à grande vitesse et les technologies de grande précision dimensionnelle — ont été exclues de l'analyse. Pour un examen plus poussé de l'échantillon chevauchant, voir Baldwin, Rama et Sabourin (1999).

Tableau 5. Utilisation de technologies selon le groupe fonctionnel, 1993-1998

Technologies	Utilisation		
	% des établissements		
	1993	1998	1993 à 1998
Conception et ingénierie	37	51	14
Traitement, fabrication et assemblage	24	44	20
Communications en réseau	18	47	29
Intégration et contrôle	24	49	25
Manutention automatisée des matières	4	5	1
Inspection	10	13	3

Aux fins de la présente étude, nous avons agrégé les technologies de pointe visées par l'enquête en trois nouveaux groupes, soit (i) les logiciels, (ii) les communications en réseau et (iii) le matériel. Ces classifications ont moins trait au domaine fonctionnel du processus de production dans lequel les technologies sont utilisées qu'au type de technologie, subdivisé en communications et tous autres appareils ou machines (appelés ici matériel). En outre, nous avons créé une troisième catégorie pour reconnaître que de nombreuses technologies sont essentiellement axées sur les logiciels. Les nouvelles technologies utilisent des puces électroniques. Ces puces ont besoin d'instructions que leur donne le logiciel. Certaines technologies se composent principalement d'appareils, le logiciel servant de langue de facilitation. D'autres technologies sont principalement des technologies logicielles, auxquelles un appareil (normalement un ordinateur) est ajouté[11].

Les groupes de technologies, les technologies de pointe qu'ils comprennent et leur taux d'adoption en 1998 sont exposés au tableau 6. Huit technologies de pointe appartiennent au groupe des logiciels : la conception et l'ingénierie assistées par ordinateur (CAO/IAO); la CAO appliquée au contrôle des machines utilisées dans la fabrication (CAO/FAO); les technologies de modélisation et de simulation; la planification des ressources de fabrication (PRF); la production assistée par ordinateur (PAO); les systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SACD); l'utilisation des données d'inspection pour le contrôle et la production; et les logiciels à base de connaissances.

Cinq technologies de pointe appartiennent au groupe des communications en réseau : l'échange électronique de fichiers (CAO); le réseau local (RL) pour les besoins de l'ingénierie ou de la production; les réseaux informatiques élargis; les réseaux informatiques interentreprises; et le contrôle numérique à distance des procédés de l'établissement.

Dix technologies de pointe appartiennent au groupe du matériel : les systèmes de fabrication flexibles; les dispositifs de commande programmables; les robots munis ou non munis de capteurs; les systèmes de prototypage rapide; l'identification des pièces pour l'usinage automatique; les systèmes de stockage automatisés; les systèmes de vision artificielle servant à l'inspection et à la mise à l'essai; les autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection et à la mise à l'essai; les ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'établissement.

11 Cette taxonomie a été élaborée avec l'aide de spécialistes en technologie de l'extérieur.

Tableau 6. Adoption de technologies de pointe, population de 1998 (pourcentage d'établissements utilisant la technologie)

Groupe de technologies	Technologie particulière	En cours d'utilisation	Erreur-type
Logiciels	• N'importe quelle	65	1,3
	• Conception et ingénierie assistées par ordinateur (CAO/IAO)	44	1,4
	• CAO appliquée au contrôle des machines utilisées dans la fabrication (CAO/FAO)	36	1,4
	• Technologies de modélisation ou de simulation	17	1,1
	• Planification de ressources de fabrication (PRF)	21	1,0
	• Fabrication assistée par ordinateur	18	1,1
	• Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	16	0,9
	• Utilisation des données d'inspection pour le contrôle de la fabrication	26	1,2
	• Logiciels à base de connaissances	18	1,1
Communications en réseau	• N'importe quelle	59	1,4
	• Échange électronique de fichiers CAO	34	1,4
	• Réseau local (RL) pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	36	1,3
	• Réseaux informatiques élargis	35	1,3
	• Réseaux informatiques interentreprises	29	1,2
	• Contrôle numérique à distance des procédés de l'établissement	5	0,5
Matériel	• N'importe quelle	57	1,4
	• Systèmes de fabrication flexibles	15	1,0
	• Dispositifs de commande programmables	37	1,4
	• Robots munis de capteurs	8	0,7
	• Robots non munis de capteurs	7	0,6
	• Systèmes de prototypage rapide	5	0,6
	• Identification des pièces pour l'usinage automatique	18	1,0
	• Système de stockage automatisé	5	0,6
	• Systèmes de vision artificielle servant à l'inspection ou à la mise à l'essai	11	0,8
	• Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai	13	0,9
	• Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'établissement	31	1,3

Soixante-cinq pour cent des établissements de fabrication utilisent au moins l'une des huit technologies logicielles énumérées dans l'enquête, 59 % utilisent au moins l'une des technologies de communication en réseau et 57 % emploient au moins l'une des dix technologies matérielles.

Les technologies de conception assistée par ordinateur dominent la catégorie des logiciels. Près de la moitié des établissements ont adopté au moins une technologie de conception et d'ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO), le tiers environ utilisant au moins un appareil de CAO/IAO.

Les établissements utilisent une variété de technologies de communication en réseau de pointe — réseaux locaux, réseaux élargis et réseaux interentreprises. Les technologies matérielles les plus souvent signalées sont les dispositifs de commande programmables et les ordinateurs de contrôle de l'établissement.

Aux fins de la présente étude, nous mesurerons l'utilisation de technologies de pointe pour chaque membre du groupe de TIC, soit les logiciels, le matériel et les communications. L'utilisation de technologies de pointe a augmenté entre 1993 et 1998 dans tous trois domaines (tableau 7). On constate la croissance la plus forte dans la catégorie des communications en réseau, suivie de celle du matériel. Dans la section qui suit, nous examinons les liens entre cette croissance de l'utilisation de technologies et le rendement.

Tableau 7. Utilisation de technologies d'après l'ensemble de données de panel, 1993-1998

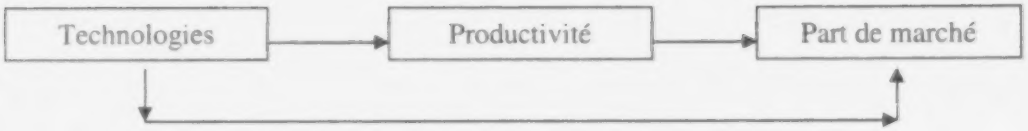
Technologies	Utilisation		
	% des établissements		
	1993	1998	1993 à 1998
Logiciels	48	67	19
Communications en réseau	25	61	36
Matériel	38	62	24

5. Analyse multivariée

5.1 Modèle

Dans le présent document, nous examinons le lien entre le choix de technologies et le rendement des établissements. Nous mesurons ce rendement sur deux plans, d'abord comme croissance de la productivité relative du travail, puis comme croissance de la part de marché. Nous mesurons l'une et l'autre au cours de la période de 1993 à 1997 comme l'écart entre la productivité relative (ou la part de marché) à la fin de la période et la productivité relative (ou la part de marché) au début de la période. La variation de la productivité du travail reflète la variation de l'intensité de capital de l'établissement, les changements survenus dans sa structure organisationnelle et l'évolution de ses capacités technologiques, tous des facteurs qui contribuent à son succès.

Le cadre de l'analyse est simple (voir les cases ci-dessous). Les établissements choisissent les technologies qu'ils utilisent. Le choix des technologies a une incidence sur la productivité du travail par ses répercussions sur l'efficacité et sur l'intensité de capital. La productivité, à son tour, a une incidence sur la part de marché par ses répercussions sur les prix relatifs ou sur la qualité du produit. Le choix des technologies a une incidence indirecte sur la part de marché par ses répercussions sur la productivité mais aussi une incidence directe par ses répercussions sur l'innovation en matière de produits qui a pour effet d'accroître la part de marché.



Nous partons d'un modèle linéaire directionnel allant du choix des technologies à la productivité et à la croissance de la part de marché. Nous postulons que la croissance de la productivité est fonction de l'utilisation de technologies au début de la période, des acquisitions de technologie durant la période et d'autres facteurs comme l'intensité de R-D. Nous considérons que la croissance de la part de marché est à son tour fonction de la croissance de la productivité du travail, de l'utilisation de technologies et d'un ensemble d'autres caractéristiques des établissements. Nous examinerons cet aspect plus en détail dans la prochaine section.

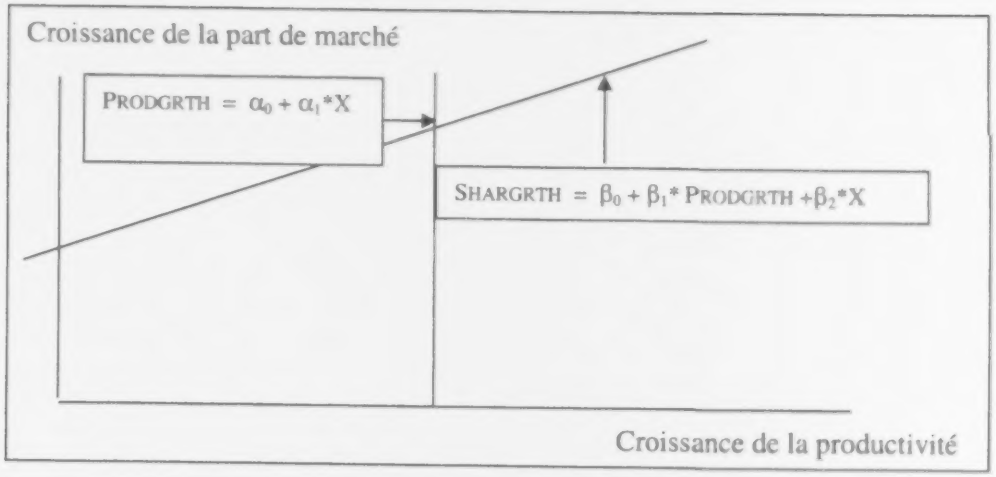
Nous construisons un système à deux équations. La première (l'équation 3) sert à estimer les corrélats de la croissance de la productivité, tandis que la deuxième (l'équation 4) permet d'examiner les corrélats de la croissance de la part de marché.

$$3)\ \text{PRODGRTH} = \alpha_0 + \alpha_1*\text{TECH 93} + \alpha_2*\text{TECHGROW} + \alpha_3*\text{SIZE93} + \alpha_4*\text{FOREIGN} + \alpha_5*\Delta\text{CAPINT} + \alpha_6*\text{LABPROD93} + \alpha_7*\text{R\&D} + \alpha_8*\text{REGION} + \alpha_9*\text{STRAT} + \alpha_{10}*\text{NETWORK}$$

$$4)\ \text{SHARGRTH} = \beta_0 + \beta_1*\text{PRODGRTH} + \beta_2*\text{TECH 93} + \beta_3*\text{TECHGROW} + \beta_4*\text{FOREIGN} + \beta_5*\Delta\text{CAPINT} + \beta_6*\text{MKTSHR93} + \beta_7*\text{R\&D} + \beta_8*\text{REGION}$$

où *PRODGRTH* mesure la croissance de la productivité relative du travail de l'établissement;
SHARGRTH mesure la croissance de la part de marché de l'établissement.
TECH93 mesure l'utilisation de technologies de pointe par l'établissement au début de la période.
TECHGROW mesure la croissance de l'utilisation de technologies de pointe par l'établissement.
SIZE93 mesure l'effectif de l'établissement durant la période d'ouverture.
FOREIGN indique si un établissement est sous contrôle étranger ou non.
ΔCAPINT indique la variation de l'intensité de capital de l'établissement d'après la variation du flux de services du capital.
LABPROD93 mesure les niveaux de productivité du travail durant la période d'ouverture.
MKTSHR93 mesure la part de marché durant la période d'ouverture.
R&D indique si l'établissement fait de la R-D ou non.
STRAT indique l'accent mis sur la stratégie en matière de technologie et de ressources humaines.
NETWORK est le type d'utilisation du réseau des TIC fait par l'établissement.
REGION saisit tout effet régional.

Nous reconnaissons qu'il peut y avoir des effets rétroactifs, mais nous postulons qu'ils se produiront avec un certain décalage. L'accroissement de la part de marché devrait ultérieurement avoir un effet sur l'utilisation de technologies et les gains de productivité. Par exemple, certains indices donnent à penser que l'investissement dans les actifs liés à l'innovation est fonction de la



disponibilité de liquidités (Himmelberg et Peterson, 1994), lesquelles devraient s'améliorer à mesure que la part de marché croît. Toutefois, nous sommes d'avis que cela se produit également avec un décalage relativement long. C'est ce que semblent montrer nos données d'enquête. Malgré les avantages évidents qui découlent de l'utilisation de technologies de communications en réseau dans les années 80 (voir Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995), le pourcentage des établissements de fabrication qui utilisaient ces technologies est passé de 17 % en 1988 à 47 % seulement en 1998.

Les exemples de la lente diffusion d'autres nouvelles technologies abondent. L'introduction de sources d'énergie électrique dans le système industriel s'est échelonnée sur trois à quatre décennies. Le Recensement de 1901 a été le premier à mesurer le nombre de chevaux-vapeur des moteurs électriques, et seulement 7 % de la puissance totale exprimée en chevaux-vapeur est attribué aux moteurs électriques dans le secteur de la fabrication cette année-là. Cette proportion était passée à 20 % en 1911, à 50 % en 1921 et à 74 % en 1930. La diffusion des technologies des communications a été beaucoup plus rapide que celle de la force motrice électrique, mais elle a quand même eu lieu avec un certain décalage.

Par conséquent, nous estimons la variation de l'équation de la productivité comme fonction du choix de technologies et d'un ensemble de caractéristiques des établissements, et l'équation de la part de marché comme fonction de la variation de la productivité et d'un ensemble de caractéristiques des établissements. Le lien implicite qui sous-tend notre hypothèse est illustré ci-dessous.

Malgré notre conviction que, pour les raisons exposées ci-dessus, les effets rétroactifs ou les liens simultanés ne devraient pas être importants, nous estimons un ensemble supplémentaire de liens qui les inclut. Dans ces formules, la croissance de la productivité est fonction à la fois de la variation de l'utilisation des technologies et de la variation de la part de marché, cette dernière étant considérée comme endogène. Dans l'équation de la part de marché, la variable explicative « variation de la croissance de la productivité » est traitée comme étant endogène.

S'il y a simultanéité, les procédures d'estimation normales donnent des coefficients biaisés. Nous constatons toutefois que le fait de tenir compte de la simultanéité lorsque les variables endogènes sont prévues de façon médiocre peut donner lieu à des problèmes également graves. Remplacer une variable endogène par du bruit blanc dans une régression par la méthode des moindres carrés à deux degrés ou utiliser une variable instrumentale médiocre risque de donner, à tort, l'impression que la variable en question n'importe pas.

Le deuxième ensemble d'équations estimées est le même que le premier sauf que la croissance de la part de marché (SHARGRTH) est incluse dans l'équation de la croissance de la productivité (l'équation 3). Avant d'estimer ces régressions, nous avons procédé à des tests d'Hausman pour déterminer l'endogénéité éventuelle du système. Nous avons conclu que les variables technologiques ne sont pas endogènes, que l'endogénéité de la variable de la croissance de la part de marché dans l'équation de la croissance de la productivité est faiblement significative (au niveau de 9 %) et que la variable de la croissance de la productivité n'est pas endogène dans l'équation de la part de marché. Nous interprétons ce résultat comme faible confirmation de notre hypothèse concernant la nature du lien entre l'utilisation de technologies, la croissance de la productivité et la croissance subséquente de la part de marché. Néanmoins, nous présentons les deux ensembles de résultats dans la section suivante.

Pour terminer, nous devrions souligner que les données de panel nous permettent d'estimer toutes nos régressions sous forme de différence première, ce qui élimine les effets fixes constants d'un modèle où la productivité et la part de marché diffèrent d'un établissement à l'autre à cause de différences inconnues qui sont constantes au fil du temps. Dans ces conditions, l'utilisation des données de panel réduit le biais d'estimation (Hsiao, 1986). Les données de panel, qui comprennent une dimension transversale et une dimension chronologique, permettent une plus grande souplesse que les données transversales lorsqu'il s'agit d'examiner les différences de comportement entre les unités (Greene, 1997).

Il faut reconnaître toutefois que notre formule dans un modèle simple à effets fixes n'inclurait normalement que les variables explicatives sous forme de différence première également. Nous ne suivons pas ce modèle aveuglément puisque nous utilisons la formule de différence première parce qu'elle nous intéresse davantage que l'équation sous forme de niveau. Il nous intéresse de savoir comment le rendement varie au fil du temps et si cette variation est liée à certaines caractéristiques des établissements. Nous tâchons de cerner le lien entre cette variation et les changements dans l'utilisation des technologies ainsi que certaines autres caractéristiques des établissements. Cependant, nous incluons également certaines variables sous forme de niveau pour déterminer si l'effet fixe varie alors au fil du temps, c'est-à-dire si la composante de la productivité du travail ou de la part de marché qui est inexpliquée a augmenté selon une caractéristique donnée des établissements, comme la nationalité du propriétaire, la taille ou l'intensité de R-D. Nous reconnaissons toutefois que les coefficients de ces variables peuvent être nuls si la variable saisit un effet fixe qui ne change pas au cours de la période.

5.1.1 Croissance de la productivité

La première équation décrit la croissance de la productivité relative de 1993 à 1997. Nous postulons que la croissance de la productivité relative est fonction de l'utilisation de technologies

de pointe au début de la période plus toute autre acquisition de technologie au cours de la période.

Technologie : Nous représentons l'utilisation de technologies de pointe au moyen d'un certain nombre de variables technologiques mutuellement exclusives et de plus en plus exhaustives. L'utilisation de l'un, et seulement un, des trois types de technologies de pointe — logiciels, matériel et communications — se mesure au moyen de la première variable technologique binaire. Une deuxième variable binaire mesure l'utilisation de n'importe quel type de technologie de pointe, tandis qu'une troisième variable mesure l'utilisation des trois types.

Des études antérieures (Baldwin et Sabourin, 2001; Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995) ont révélé qu'il suffit d'utiliser un seul groupe technologique particulier (fabrication, conception et ingénierie ou communications) pour différencier les établissements les uns des autres selon leur rendement, mais également que les établissements qui combinent des technologies de pointe de différents domaines ont le meilleur rendement. Par conséquent, nous nous attendons à une plus forte croissance de la productivité dans le cas des établissements qui ont adopté d'autres technologies de pointe. Nous incluons donc une mesure de la croissance de l'utilisation des technologies. Il s'agit d'une variable binaire zéro-un qui prend la valeur de 1 si l'établissement a augmenté sa « sophistication technologique » et une valeur de zéro autrement. Ici, il y a augmentation de la sophistication par définition si : 1) l'établissement non-utilisateur est devenu utilisateur; 2) l'établissement utilisateur d'un groupe de TIC est devenu utilisateur de plusieurs groupes; 3) l'établissement utilisateur de deux groupes de TIC est devenu utilisateur de trois groupes de TIC; et 4) l'établissement initialement utilisateur de trois groupes de TIC a augmenté le nombre de technologies qu'il utilise plus que la plupart des autres établissements dans le groupe[12].

Intensité de capital : La croissance de la productivité peut être fonction de l'utilisation de technologies de pointe dans la mesure où il y a un lien entre cette utilisation et l'accroissement de l'intensité de capital. Pour déterminer si c'est le cas, nous incluons également l'augmentation de la rentabilité relative d'un établissement (son ratio profits/ventes), car il devrait y avoir une corrélation étroite entre la mesure de la rentabilité et l'intensité de capital. À long terme, les profits mesurent le flux des services du capital provenant du stock de capital appartenant à l'établissement.

Taille de l'établissement : Nous avons inclus la taille de l'établissement pour rendre compte des plus grandes capacités financières et informationnelles souvent associées aux grands établissements. Les grands établissements ont tendance à se doter de capacités supérieures qui favorisent la croissance. Bien qu'un certain nombre d'autres caractéristiques soient incluses pour rendre compte de ces compétences, elles ne saisissent probablement pas tous les effets de ce genre. Par conséquent, nous incluons à cette fin la taille de l'établissement. Les données sur l'effectif ont servi à mesurer la taille.

---

12 Nous avons examiné l'adoption de technologies additionnelles entre 1993 et 1997 par les établissements qui se sont classés dans le troisième groupe en 1993 et nous avons déterminé qu'environ la moitié ont adopté deux technologies additionnelles ou plus. Par conséquent, nous avons défini comme étant plus « sophistiqués » sur le plan technologique les établissements dans ce troisième groupe qui ont adopté au moins deux technologies additionnelles.

Productivité durant la période initiale : Cette variable est incluse pour permettre de tenir compte d'une régression vers la moyenne. Des études antérieures (Baldwin, 1995) et les tableaux contenus dans la première section du présent document montrent que les établissements ont tendance à régresser vers la moyenne durant la période.

Région : Nous avons inclus un ensemble de variables binaires pour déterminer si le milieu géographique compte.

Contrôle étranger : La nationalité des propriétaires d'un établissement est incluse puisque les multinationales sont considérées comme jouant un rôle important dans la diffusion mondiale des technologies de pointe (Caves, 1982). Des travaux antérieurs révèlent que la croissance de la productivité du travail des établissements sous contrôle étranger s'est accrue plus fortement que celle des établissements sous contrôle canadien (Baldwin et Dhaliwal, 2001). Les multinationales ont généralement l'avantage de la taille, des compétences spécialisées et des ressources financières.

Comme nous examinons le rendement sur le marché au fil du temps, des caractéristiques comme la nationalité peuvent changer au fil du temps. D'ailleurs, la nationalité du contrôle d'un nombre considérable d'établissements dans notre échantillon a changé durant la période à l'étude par suite de fusions et de prises de contrôle (tableau 8).

Tableau 8. Changement de nationalité

	Situation de contrôle en 1998 (% des établissements)	
Situation de contrôle en 1993	canadien	étranger
Contrôle canadien	86,5	13,5
Contrôle étranger	25,0	75,0

Au lieu d'utiliser la situation « sous contrôle étranger » d'un établissement au cours d'une seule période, nous avons établi quatre catégories — soit selon que l'établissement est sous contrôle canadien durant toute la période à l'étude, est sous contrôle étranger durant la période, est sous contrôle canadien mais passe sous contrôle étranger, est sous contrôle étranger mais passe sous contrôle canadien — et nous avons défini une variable binaire associée à chacune. Ces catégories nous permettent de vérifier non seulement si la nationalité compte, mais également si les changements sur le plan de la nationalité comptent.

Recherche et développement : Nous utilisons également une variable binaire qui indique si l'établissement a déclaré ou non faire de la R-D, de façon constante ou à l'occasion. Nous avons inclus cette variable en raison des preuves découlant d'études précédentes de l'effet de la R-D sur la productivité (Lichtenberg et Siegel, 1991; Hall et Mairesse, 1995; Dilling-Hansen et coll., 1999). Il nous intéresse de savoir si l'activité de R-D influe sur le rendement sur le plan de la productivité une fois compte tenu des effets de la combinaison de technologies.

Comme dans le cas de la nationalité des propriétaires d'un établissement, nous avons établi quatre catégories d'activités de R-D, selon que l'établissement n'a mené aucune activité de R-D durant la période à l'étude, qu'il en a mené durant toute la période ou qu'il a modifié son activité dans ce domaine, c'est-à-dire qu'il a fait de la R-D alors qu'il n'en faisait pas ou l'inverse. Un

établissement qui fait de la R-D est un producteur qui déclare avoir mené des activités de R-D à l'interne ou de concert avec une autre entreprise ou les avoir fait exécuter en sous-traitance.

Comme le montre le tableau 9, la situation sur le plan de la R-D a beaucoup évolué au cours de la période à l'étude. Le quart des établissements qui ont indiqué que leur société mère menait des activités de R-D en 1993 ne l'ont pas déclaré en 1998, tandis que plus de la moitié qui ont déclaré en 1993 que leur société mère ne faisait pas de R-D ont déclaré le contraire à la fin de la période.

Tableau 9. Évolution de la situation en matière de R-D

Situation en matière de R-D en 1993	Situation en matière de R-D en 1998 (% des établissements)	
	Fait de la R-D	Ne fait pas de la R-D
Fait de la R-D	76,8	23,2
Ne fait pas de la R-D	51,8	48,2

Stratégies : Pour cerner toutes les caractéristiques d'un établissement, il ne suffit pas de disposer des renseignements sur son utilisation de technologies, son utilisation de capital ou sa taille. Les établissements diffèrent considérablement sur le plan des stratégies qu'ils adoptent et des compétences gestionnelles qu'ils utilisent pour accroître leur productivité ou leur part de marché (Baldwin et Gellatly, 2004). Selon certaines preuves, il semble exister un lien entre l'importance accordée à certaines activités et le rendement. Selon Baldwin (1999), les entreprises qui mettent l'accent sur l'innovation sont plus susceptibles de prendre de l'expansion. Selon Baldwin, Sabourin et Smith (2002), il y a un lien entre l'accent mis par l'établissement sur le contrôle de la qualité et la formation et la croissance de sa part de marché.

Pour tenir compte des différences quant à la nature des stratégies adoptées par les différents producteurs, l'enquête de 1993 a examiné l'accent mis sur trois stratégies, soit en matière de commercialisation, de production et de ressources humaines. Dans le domaine de la commercialisation, les établissements ont évalué sur une échelle de Likert à cinq points l'importance qu'ils accordaient au lancement de nouveaux produits et à la pénétration de nouveaux marchés. Dans le domaine de la production, ils ont évalué l'importance qu'ils accordaient à la réduction des coûts de production, l'adoption de nouvelles technologies et l'utilisation de nouvelles matières. Dans le domaine des ressources humaines, les établissements ont évalué l'importance de systèmes souples comme les équipes et de programmes de formation structurée. Le tableau 10 montre le pourcentage des producteurs qui ont attribué une cote supérieure à la médiane (quatre ou cinq sur une échelle à cinq points) dans chacun de ces domaines.

Nous avons ajouté une variable binaire à nos régressions pour chacune de ces stratégies lorsque le producteur a attribué à l'accent mis sur cette stratégie la cote 4 ou 5, c'est-à-dire supérieure à la valeur médiane. Après avoir mis à l'essai toutes les variables de stratégies, nous n'avons conservé que celle qui indique l'accent mis sur la production et les ressources humaines parce que ce sont les seuls éléments qui sont presque significatifs sur le plan statistique. Il a été impossible de distinguer entre l'accent mis sur la recherche d'un nouveau marché ou la pénétration de nouveaux marchés et la variable de l'activité de R-D, probablement parce que tous sont très étroitement liés à la stratégie d'innovation.

Tableau 10. Importance des stratégies

Stratégie	% des établissements attribuant une cote 4 ou 5
Commercialisation	
a) Recherche de nouveaux marchés	50
b) Pénétration de nouveaux marchés	54
Production	
c) Réduction des coûts de fabrication	77
d) Élaboration de nouvelles technologies de fabrication	50
e) Utilisation de nouveaux matériaux	36
Ressources humaines	
f) Utilisation d'équipes (p. ex., multifonctionnelles)	47
g) Formation technique permanente	50

Utilisation de réseaux électroniques : Les TIC peuvent être utilisées dans différents domaines et certaines utilisations peuvent être plus productives que d'autres. Dans l'enquête de 1998, on a demandé aux établissements d'indiquer à quelles fins ils utilisaient les réseaux de communications. Ces fins sont nombreuses : commande de produits, suivi du rythme de la production, maintenance en ligne, suivi des ventes et des stocks, suivi de la distribution, échange d'information technologique, comptabilité et finances, ressources humaines, planification de gestion, commercialisation et information sur la clientèle, opérations financières, information de consommation, information sur l'état de la production et consultation générale.

L'intensité d'utilisation des TIC dans ces domaines varie beaucoup (tableau 11). On constate l'utilisation la plus forte (mis à part la consultation générale) dans le domaine de la commercialisation/l'information sur la clientèle, environ 47 % des producteurs utilisant le réseau de communications à cette fin. À l'autre extrémité, seulement 22 % ont déclaré utiliser leur système de communication axé sur les TIC pour faire le suivi de la distribution. Au milieu, environ 30 % des producteurs utilisent les TIC à des fins comme élaborer de l'information de consommation, mener des opérations financières et commander des produits.

Nous visons à déterminer si certaines utilisations important plus que d'autres. Cependant, les variables d'utilisation des réseaux (indiquant si un producteur utilise ou non les TIC à une fin particulière) sont étroitement liées. Les établissements ont tendance à utiliser les réseaux de communications électroniques à plus d'une fin. Toutefois, ils les combinent de différentes façons. Comme nous cherchons à déterminer quelle combinaison est le plus étroitement associée au rendement, nous avons établi un nouvel ensemble de variables qui résume la façon dont les différentes utilisations sont combinées, ce qui a pour effet de réduire le degré de différenciation dans l'ensemble initial de variables de l'utilisation des réseaux.

À cette fin, nous avons procédé à une analyse des composantes principales d'un ensemble de variables qui incluent toutes les utilisations exposées ci-dessus pour déterminer si l'établissement utilise des technologies des communications à une fin donnée. L'analyse des composantes principales regroupe un ensemble complexe de variables interreliées en un nouvel ensemble de variables qui sont orthogonales les unes par rapport aux autres.

Tableau 11. But du réseau de communications

	% des producteurs utilisant le réseau
Consultation générale	52
Commercialisation/information sur la clientèle	47
Comptabilité et finances	46
Suivi des ventes et des stocks	38
Échange d'information technologique	36
Information de consommation	34
Opérations financières	34
Commande de produits	31
Information sur l'état de la production	30
Planification de gestion	27
Ressources humaines	26
Suivi du rythme de la production	25
Suivi de la distribution	22
Maintenance en ligne	12
Autre	5

La transformation algébrique suivante établit le lien entre les nouvelles variables (PC_i) et les variables de l'utilisation (U_i) :

$$PC_i = \sum_i w_i U_i$$

Les poids attribués à la variable de l'utilisation originale dans chaque composante principale montrent comment les diverses variables originales (les utilisations) sont combinées à l'intérieur de cette composante. Le tableau A1 à l'annexe A donne les poids attribués à chacune des composantes, appelés $Comnet_i$ Par exemple, la première composante attribue des poids positifs à la plupart des utilisations et peut donc être qualifiée de globale. Par contre, la quatrième composante (Comnet4) attribue un poids positif élevé à la commande de produits et à l'échange d'information technologique mais un poids négatif élevé à l'utilisation des technologies des communications aux fins de collecte d'information de consommation. La valeur de cette composante sera plus élevée dans le cas des producteurs qui utilisent leurs réseaux de communications davantage pour la première fin que pour la deuxième ou, inversement, la valeur de cette composante sera moins élevée dans le cas des producteurs qui utilisent leurs réseaux aux fins d'information de consommation mais non de commande de produits et d'échange d'information technologique. La composante cinq attribue un poids négatif à l'utilisation des TIC aux fins de commande de produits et de maintenance en ligne et un poids positif à l'utilisation des TIC aux fins d'opérations financières. La valeur de cette composante sera plus élevée dans le cas des producteurs qui utilisent leurs réseaux de communications aux fins de commande de produits mais non aux fins d'opérations financières que dans le cas de ceux qui l'utilisent moins aux fins de commande et davantage aux fins d'opérations financières. L'interprétation de l'effet de chaque variable dépendra également du signe du coefficient de la composante dans l'analyse multivariée, signe qui peut être soit positif, soit négatif.

5.1.2 Croissance de la part de marché

La deuxième équation décrit les corrélats de la croissance de la part de marché. Nous postulons que la croissance de la part de marché dépend de facteurs qui procurent un avantage à l'établissement par rapport à ses concurrents. La croissance de la part de marché est fonction de la part de marché initiale en raison de la tendance inexorable à la régression vers la moyenne. Baldwin (1995) décrit les changements qui ont eu lieu dans la plupart des branches d'activité du secteur canadien de la fabrication durant les années 70 à mesure que de petits établissements ont accru leur part de marché aux dépens de grands établissements.

Nous postulons en outre qu'il existe un lien entre la croissance de la part de marché et la croissance de la productivité du travail au cours de la période à l'étude. Dans notre formulation, la croissance de la productivité relative du travail sert d'indicateur indirect pour une foule de facteurs liés à l'efficience technique, aux variations de l'intensité du capital et à d'autres compétences au sein d'un établissement, allant des capacités de gestion aux stratégies de ressources humaines telles que la formation.

Bien que nous ayons déjà inclus l'utilisation de technologies de pointe dans l'équation de la productivité du travail, nous l'ajoutons également à l'équation de la part de marché pour déterminer si les technologies de pointe ont un effet différent sur la croissance de la part de marché de celui sur la croissance de la productivité relative du travail. L'utilisation de technologies de pointe permet non seulement de réduire les coûts, ce qui fait baisser les prix, mais également d'améliorer la souplesse du processus de fabrication et la qualité des produits fabriqués (Baldwin, Sabourin et Rafiquzzaman, 1996; Baldwin, Sabourin et West, 1999). On pourrait donc s'attendre à ce qu'elle ait sur la croissance de la part de marché un effet distinct de celui qu'elle a sur la productivité du travail mesurée.

Les autres variables, soit la nationalité, la R-D, les stratégies de l'établissement et les variables de la région, sont essentiellement les mêmes que celles qui ont été utilisées pour la croissance dans le modèle de la productivité relative.

6. Résultats empiriques

Étant donné que les données sont tirées d'une enquête à échantillon aléatoire de la population, nous fournissons des estimations pondérées. Toutes les régressions sont estimées par rapport à un établissement exclu qui appartient à des intérêts canadiens, qui n'a pas adopté de technologies de pointe, ne fait pas de R-D et se trouve dans la région de l'Atlantique.

6.1 Résultats de l'application de la méthode des MCO

Selon une étude antérieure (Baldwin et Sabourin, 2002) fondée sur l'ensemble de l'échantillon de l'enquête menée en 1998, il existe un lien entre la croissance de la productivité et de la part de marché et l'utilisation de technologies de pointe à la fin de la période. Aux fins de comparaison, nous nous penchons sur la question de savoir si notre ensemble de données de panel de taille réduite, qui comprend une variable de changement technologique, donne les mêmes résultats. À

cette fin, nous avons estimé les équations de la croissance de la productivité relative et de la croissance de la part de marché comme avant pour voir si notre panel donne le même résultat que l'échantillon complet. Nous utilisons un ensemble de variables explicatives de taille légèrement réduite et la même méthode économétrique (MCO) que dans nos travaux précédents.

6.1.1 Croissance de la productivité

Les résultats des régressions par la méthode des moindres carrés ordinaires qui modélisent la croissance de la productivité relative comme fonction de l'utilisation de technologies de pointe sont présentés au tableau 12. La croissance de l'intensité de capital est incluse dans le premier modèle (modèle 1) mais non dans le deuxième (modèle 2) afin de permettre d'observer l'effet de cette variable.

Tableau 12. Régressions par la méthode des MCO pour la croissance de la productivité relative du travail

	Modèle 1	Modèle 2
Intercepte	0,120	0,259***
Utilisation de technologies de pointe (1998)		
Un seul groupe de TIC	-0,031	0,148
Deux groupes de TIC	0,024	0,092
Tous trois groupes de TIC	0,126***	0,220***
Taille de l'établissement		
Effectifs – 1993	6e-7	9e-5
Nationalité du contrôle (1998)		
Étrangère	0,016	-0,040
Intensité de capital		
Variation de la rentabilité (1993-1997)	1,846***	---
Productivité du travail initiale		
Productivité relative du travail – 1993	-0,114	-0,281***
R-D (1998)		
Fait de la R-D	-0,109**	-0,107
Région (1998)		
Québec	-0,030	-0,134
Ontario	-0,026	-0,082
Prairies	-0,020	-0,037
Colombie-Britannique	-0,091	-0,197*
Statistiques sommaires		
N	390	390
F (degrés de liberté)	(12 377) = 16,78	(11 378) = 1,93
R^2	0,48	0,12

Note : * significatif au niveau de 1 %; ** significatif au niveau de 5 %; *** significatif au niveau de 10 %.

Il y a un lien positif entre les trois variables technologiques et la croissance de la productivité lorsque l'intensité de capital n'est pas incluse dans la spécification du modèle. Cependant, seul le coefficient rattaché à l'utilisation des trois variables technologiques est significativement différent de zéro. C'est aussi le cas lorsque la variation de l'intensité de capital est incluse comme variable explicative. Nous avons constaté également dans notre étude antérieure que, de

façon générale, ce résultat est significatif seulement dans le cas des trois technologies prises ensemble. Nous en arrivons donc à la conclusion que l'ensemble des données de panel saisit généralement le lien entre l'utilisation des technologies de pointe et la croissance de la productivité qui a été révélé par l'ensemble complet de données transversales pour 1998.

Comme auparavant, le coefficient de la variable de la productivité au début de la période est négatif et fortement significatif lorsque la variation de l'intensité de capital est exclue. La productivité relative régresse vers la moyenne. Les établissements dont la productivité relative du travail était élevée au début de la période l'ont vu diminuer. De même, les établissements dont la productivité relative du travail était inférieure à la moyenne au début de la période l'ont vu augmenter par rapport à celle de leurs consœurs.

Tableau 13. Régressions par la méthode des MCO pour la croissance de la part de marché

	Modèle 1
Intercepte	-0,005
Utilisation de technologies de pointe (1998)	
Un seul groupe de TIC	-0,002
Deux groupes de TIC	0,001
Tous trois groupes de TIC	0,001
Taille de l'établissement	
Effectifs –1993	-1e-5
Nationalité du contrôle (1998)	
Étrangère	-0,001
Intensité de capital	
Variation de la rentabilité (1993-1997)	0,009
Productivité du travail initiale	
Productivité relative du travail – 1993	0,001
Croissance de la productivité relative du travail	
Croissance de la productivité du travail 1993-1997	0,004*
Part de marché initiale	
Part de marché - 1993	-0,038
R-D (1998)	
Fait de la R-D	0,004**
Région (1998)	
Québec	0,005
Ontario	0,005
Prairies	0,002
Colombie-Britannique	0,004
Statistiques sommaires	
N	390
F(degrés de liberté)	(14 375) = 1,34
R^2	0,12

Note : * significatif au niveau de 1 %; ** significatif au niveau de 5 %; *** significatif au niveau de 10 %.

Enfin, l'emplacement régional n'a pas d'effet systématiquement significatif sur la croissance de la productivité du travail. Ce résultat est similaire à nos résultats antérieurs. Même si l'emplacement régional généralement n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la croissance

de la productivité du travail, il convient de signaler que la région omise (les provinces atlantiques) a affiché un rendement légèrement supérieur à celui des autres régions. Cela concorde avec un effet de régression vers la moyenne, puisque cette région accuse un certain retard par rapport aux autres quant à la productivité du travail (Zietsma et Sabourin, 2001).

6.1.2 Croissance de la part de marché

Lorsqu'on utilise les données obtenues à partir du panel de taille réduite, on observe un lien étroit entre la croissance de la part de marché et la croissance de la productivité du travail durant la période à l'étude (tableau 13). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus lorsqu'on utilise l'ensemble de données complet. Comme dans les résultats originaux, le coefficient de la R-D est positif et significatif. Enfin, lorsqu'on tient compte des effets de la croissance de la productivité relative sur la part de marché, on constate que la croissance de la part de marché n'est pas liée à l'utilisation de technologies de pointe à la fin de la période. Elle ne l'était pas non plus auparavant.

Il convient de souligner qu'aucune des autres variables n'est significative. Le R^2 de l'équation de la part de marché est bien inférieur à celui de l'équation de la productivité relative. La variation de la part de marché ne s'explique pas facilement. Elle est le résultat d'un processus idiosyncratique. Les établissements peuvent adopter de nouvelles technologies pour améliorer leur productivité relative et accroître leur part de marché. Dans l'ensemble, cependant, le processus de croissance est stochastique, puisqu'il dépend du succès sur le plan de la production mais qu'il est aussi à la merci de la demande des consommateurs. Nous réussissons mieux à différencier les corrélats de la variation de la productivité qu'à cerner un ensemble solide de facteurs qui pourraient être associés à la mesure dans laquelle l'établissement réussit à s'emparer d'une part de marché.

6.2 Estimations simultanées et corrigées pour tenir compte de la sélection

À la première étape d'estimation, nous nous sommes surtout attachés à appliquer une procédure d'estimation robuste par la méthode des moindres carrés ordinaires. Dans la présente section, nous corrigeons ces estimations pour tenir compte de deux problèmes éventuels. En outre, nous ajoutons d'autres variables explicatives.

Nous tâchons de résoudre de façon séquentielle deux problèmes qui pourraient tenir l'un à la simultanéité et l'autre, à la sélection. S'il y a des effets rétroactifs entre la productivité et la part de marché, nos estimations des coefficients au tableau 13 pourraient comprendre un biais. Dans l'équation de la productivité, une variable peut être omise si la variation de la part de marché a un effet direct (au cours de la période de cinq ans à l'étude ici) sur les gains de productivité. Si cette variable est incluse, il se peut qu'elle soit déterminée simultanément. Dans l'un et l'autre cas, il peut en résulter un biais dans l'équation de la productivité. L'équation de la variation de la part de marché peut également comprendre un biais de simultanéité. Même si le test de Hussman a révélé que le problème éventuel découlant de la simultanéité n'est pas statistiquement très significatif, nous avons tâché de régler le problème d'équations simultanées au moyen d'une méthode des moindres carrés à deux degrés.

Nous nous sommes ensuite penchés sur le deuxième problème, celui tenant à la sélection de l'échantillon. Un groupe particulier d'établissements, soit ceux qui n'étaient pas compris dans l'ensemble de données de l'enquête transversale de 1993, n'étaient pas inclus dans le panel. Il s'agit des établissements qui avaient disparu et de ceux qui n'ont pas été échantillonnés en 1998. Ce problème de sélection de l'échantillon peut aussi donner lieu à des estimateurs biaisés. Aux fins de la présente étude, notre population se compose de tous les établissements qui menaient des activités en 1993. Cependant, notre échantillon a été sélectionné à partir de la population des établissements existants, c'est-à-dire ceux qui menaient des activités en 1993 et qui avaient survécu jusqu'en 1997. Nous devons apporter une correction pour tenir compte des établissements qui étaient sortis de la population durant cette période de quatre ans. L'équation logit figure au tableau B1 de l'annexe B. Elle montre que les établissements étaient plus susceptibles de quitter l'échantillon s'ils utilisaient moins de technologies et s'ils étaient plus jeunes. Comme le critère de sélection est lié aux variables d'intérêt (utilisation de technologies), l'apport d'une correction pour tenir compte du problème de sélection peut avoir un effet sur les estimations de l'effet de l'utilisation de technologies.

Pour apporter une correction pour la sélection de l'échantillon, nous utilisons la méthode en deux étapes de Heckman. À la première étape, nous utilisons un modèle logit pour estimer la probabilité qu'une unité se situera dans la partie non tronquée de la population. À la deuxième étape, nous incluons le ratio de Mills dans l'équation principale. Toutefois, nous ne fournissons pas ici de précisions sur les corrections apportées selon la méthode de Heckman puisqu'elles n'ont pas d'effet significatif sur nos estimations[13].

Aux fins de comparaison avec nos conclusions antérieures, les estimations à partir d'une équation unique de la croissance de la productivité et de la croissance de la part de marché, qui comprend maintenant les nouvelles variables explicatives, sont présentées au tableau 14 (colonnes 1 et 2), de même qu'un ensemble d'estimations à partir d'équations simultanées (colonnes 3 et 4). Dans cette formule, nous incluons l'utilisation des technologies au début de la période et l'augmentation de l'utilisation des technologies. L'utilisation des technologies au début de la période n'est pas significative dans l'équation de la croissance de la productivité; cependant, la croissance de l'utilisation des technologies est significative. Ces résultats sont ceux des estimations à partir d'une équation unique ainsi que de celles à partir d'équations simultanées. Passer de l'équation simple aux équations simultanées renforce l'effet de la croissance de l'utilisation des technologies dans l'équation de la croissance de la productivité, le coefficient devenant trois fois plus élevé. La croissance de l'utilisation des technologies est également significative dans l'équation de la part de marché.

Les stratégies des établissements ont de l'importance sur le plan de la croissance de la productivité. Les établissements qui mettent l'accent sur l'élaboration de nouvelles technologies voient leur productivité croître sensiblement plus vite. Par contre, ceux qui mettent l'accent sur la formation voient leur productivité croître plus lentement, bien que ce résultat ne soit significatif

13 Cela s'explique peut-être par le fait que les critères de sélection comprennent les établissements sortants ainsi que les établissements existants qui n'ont pas été échantillonnés à la deuxième étape de la création du panel longitudinal. Alors que les premiers constituent un groupe distinct, les deuxièmes ont été choisis pour représenter la population des établissements existants dans son ensemble et, par conséquent, ne sont pas à l'origine d'un biais important.

que pour les résultats obtenus à partir d'une équation unique. Ce résultat concernant l'effet de la formation est conforme à ceux d'un certain nombre d'autres études selon lesquels il n'y a pas de lien entre l'accent mis sur la formation et la probabilité qu'une entreprise innove (Baldwin, Hanel et Sabourin, 2002), son rendement sur le plan de la productivité ou son rendement sur le plan de la part de marché (Baldwin et coll., 1994; Baldwin, 1996).

Les établissements qui utilisent les réseaux des TIC à des fins particulières connaissent une plus forte croissance de leur productivité relative. Le signe négatif de la composante 5 (Comnet 5) montre que les établissements qui utilisent ces réseaux pour commander des produits ont connu une croissance plus rapide de leur productivité.

Les trois variables de contrôle étranger ont toutes des coefficients positifs mais aucune n'est significative dans les équations de la croissance de la productivité relative aux niveaux de signification classiques. Comme nous savons que le niveau de signification dans notre échantillon est inférieur à celui dans l'échantillon transversal plus large, nous concluons que notre résultat ici vient appuyer un effet d'entreprise étrangère que nous avons constaté ailleurs. Chose intéressante, remplacer le contrôle canadien par le contrôle étranger a pour effet d'accroître la productivité, particulièrement dans les estimations à partir d'équations simultanées. Dans l'équation de la part de marché, passer du contrôle étranger au contrôle canadien se traduit par une perte de part de marché[14].

Mener des activités de R-D a un effet sur la croissance de la part de marché. Plus particulièrement, les établissements dont la société mère a mené de la R-D durant toute la période à l'étude ont augmenté leur part de marché comparativement à ceux qui n'avaient pas accès à des installations de R-D sur une base continue.

Dans l'équation de la part de marché, la croissance de la productivité du travail continue d'exercer l'effet dominant. Dans l'équation de la croissance de la productivité, la part de marché a un effet négatif et non positif. Cette dernière constatation est compatible avec l'argument selon lequel la plupart des établissements en expansion en sont aux premières étapes de leur cycle de vie. Ceux qui prennent de l'expansion plus lentement en sont à une étape plus avancée de leur cycle de vie. De façon générale, les établissements dans le premier groupe ne voient pas leur productivité du travail augmenter. Ceux dans le deuxième groupe en sont à l'étape où les innovations sur le plan des procédés prédominent et les établissements réduisent sensiblement leur effectif et augmentent leur productivité. Baldwin et Dhaliwal (2001) donnent d'autres preuves de ce phénomène.

14 Les paramètres de ces variables se situent systématiquement entre 10 % et 20 % sur le plan de la probabilité.

Tableau 14. Régressions par la méthode des MCO pour la croissance de la productivité et la part de marché

	Équation unique		Équations simultanées	
	Croissance de la productivité	Croissance de la part de marché	Croissance de la productivité	Croissance de la part de marché
Intercepte	-0,045	0,003	0,144	0,003
Croissance de la part de marché				
Croissance (1993-1997)	1,604	---	-42,388	---
Part de marché initiale				
Part de marché –1993	---	-0,078	---	-0,077
Croissance de la productivité				
Croissance (1993-1997)	---	0,005***	---	0,007***
Productivité initiale				
Productivité – 1993	-0,105	---	-0,075	---
Utilisation des technologies de pointe (1993)				
Un seul groupe de TIC	0,045	0,0003	0,087	0,0002
Deux groupes de TIC	-0,014	-0,002	-0,057	-0,003
Tous trois groupes de TIC	0,014	-0,002	-0,024	-0,004
Croissance de l'utilisation des technologies				
Croissance (1993-1998)	0,070*	0,003*	0,211*	0,002*
Taille initialede l'établissement				
Effectif –1993	9e-5	---	-0,0006	---
Nationalité du contrôle				
Toujours étrangère	0,070	-0,0003	0,020	-0,0001
Étrangère (1993) – Canadienne (1998)	0,091	-0,004*	-0,014	-0,004
Canadienne (1993) – Étrangère (1998)	0,062	0,002	0,202	0,003
Intensité de capital				
Variation de la rentabilité (1993-1997)	1,883***	---	2,558***	---
Fait de la R-D				
Fait continuellement de la R-D	---	0,005***	---	0,005***
Fait de la R-D(1993) – Ne fait pas de R-D (1998)	---	0,0001	---	-0,0001
Ne fait pas de R-D(1993) – Fait de la R-D(1998)	---	0,002	---	0,002
Stratégies de l'établissement				
Nouvelles technologies	0,086*	---	0,168*	---
Formation	-0,088*	---	-0,153	---
Fins auxquelles le réseau est utilisé				
Comnet1	-0,011	---	0,011	---
Comnet2	0,010	---	0,011	---
Comnet3	-0,022	---	0,001	---
Comnet4	0,013	---	-0,053	---
Comnet5	-0,076**	---	-0,116*	---
Région (1993)				
Québec	0,008	-0,004*	-0,161	-0,004
Ontario	0,046	-0,003	-0,107	-0,003
Prairies	0,079	-0,004*	-0,122	-0,004*
Colombie-Britannique	-0,020	-0,005**	-0,251	-0,005**
Statistiques sommaires				
N	390	390	390	390
F(degrés de liberté)	F(22 367)=12,91	F(16 373)=2,1	F(22 367)=3,52	F(16 373)=1,87
R^2	0,50	0,11	0,35	0,10

Note: * significatif au niveau de 1 %; ** significatif au niveau de 5 %; *** significatif au niveau de 10 %.

7. Conclusion

L'expansion et le déclin des établissements dans le secteur canadien de la fabrication est un phénomène d'une ampleur considérable. Nous constatons des mouvements importants des parts de marché entre établissements de fabrication tout au long des années 90. Ces mouvements s'accompagnent d'une variation de la productivité relative des établissements.

Il ressort de l'analyse multivariée que l'utilisation des technologies de pointe est étroitement associée à la croissance de la productivité relative du travail. La croissance de l'utilisation des technologies durant la période à l'étude a eu un effet positif et significatif sur la croissance de la productivité relative. Les établissements qui utilisaient de nombreuses technologies au début de la période étaient plus susceptibles d'accroître leur productivité mais cet effet n'est pas statistiquement significatif lorsqu'on inclut la croissance de l'utilisation des technologies.

On ne devrait probablement pas interpréter la diminution de la signification de la variable de l'utilisation initiale des technologies lorsqu'on inclut la croissance de l'utilisation des technologies comme indiquant que seule la croissance importe et non l'utilisation initiale des technologies. Nous savons que l'échantillon utilisé aux fins de la présente étude est de taille plus petite que celui utilisé pour l'étude antérieure; nous savons aussi que l'effet de l'utilisation des technologies sans les variables de la croissance est plus faible qu'il ne l'était dans l'étude antérieure qui ne comprenait pas de données sur les changements dans l'utilisation des technologies. En outre, nous savons que la variable des compétences technologiques est très significative dans l'équation de la croissance de la productivité. Les compétences technologiques ne changent pas rapidement. Elles s'acquièrent sur une longue période. Ce sont ces indications qui nous laissent supposer que ce sont à la fois les conditions initiales et l'évolution sur le plan technologique qui, fort probablement, influent sur la croissance de la productivité.

La croissance de la productivité relative du travail se traduit à son tour par la croissance de la part de marché. Les établissements qui améliorent leur efficacité sur le plan de la production ou qui fabriquent des produits de meilleure qualité augmentent leur part de marché. Nous constatons également que la croissance de l'utilisation des technologies de pointe a eu une incidence positive sur la croissance de la part de marché d'un établissement, probablement à cause de son effet sur l'innovation en matière de produits. À la fin de la période, le marché avait récompensé les établissements qui étaient devenus plus efficaces ou qui avaient accru la qualité de leur produit et, en même temps, leur productivité du travail, en augmentant leur part de marché.

L'incidence des technologies de pointe tient en partie à leur effet sur l'augmentation de l'intensité de capital. Néanmoins, c'est l'utilisation accrue des technologies de pointe qui est le moteur du processus d'accumulation de capital. D'autres études portant sur le Canada (Armstrong et coll., 2002) ont montré que les investissements dans les TIC représentaient une part croissante du capital du milieu jusque vers la fin des années 90. Les microdonnées présentées dans ce présent document montrent pourquoi. Les établissements qui investissaient massivement dans ces technologies ont pris de l'expansion plus rapidement que ceux qui n'investissaient pas.

Même si ce processus est attribuable en partie à l'accumulation de capital, il est difficile pour les entreprises de décider des biens d'équipement appropriés et de prendre les bonnes décisions en matière d'investissement. Chaque entreprise dispose d'une vaste gamme d'actifs. Certaines seulement réussissent à les intégrer avec succès à leur processus de production. Celles qui le font augmentent leur productivité relative et élargissent leur part de marché.

Le présent document fournit en outre des précisions sur les domaines dans lesquels les nouvelles technologies de l'information et des communications contribuent le plus au succès. Le matériel lié aux technologies de l'information et des communications peut être utilisé à différentes fins, y compris pour tenir des bases de données aux fins d'analyse, faire des opérations financières, vendre des produits sur Internet ou faciliter le processus de commande. Les établissements qui utilisaient leurs réseaux de communications électroniques pour accroître l'efficacité du processus de commande étaient plus susceptibles d'avoir amélioré leur productivité. Ce résultat est conforme à notre constatation précédente (Baldwin, 1996) selon laquelle les établissements plus prospères étaient ceux qui mettaient l'accent sur le contrôle de l'inventaire juste à temps.

Bien que ce document vienne s'ajouter utilement aux études macro-économiques qui soulignent l'importance des TIC (technologies de l'information et des communications), il est de portée beaucoup plus vaste que l'étude typique qui porte uniquement sur les ordinateurs, les logiciels et le matériel de communication. Dans le présent document, nous avons examiné une gamme beaucoup plus vaste d'investissements dans les technologies de pointe, comme les robots, les systèmes de fabrication flexibles et les systèmes de stockage automatisés. Dans le cadre de la trajectoire technologique qui a accompagné l'adoption de la puissance électrique dans l'usine, le moteur électrique, auparavant un appareil autonome, a été intégré directement aux machines qu'il propulse. Il en est de même des ordinateurs qui ont été intégrés directement aux systèmes. L'investissement dans la révolutionnaire puce électronique est plus important que l'investissement dans les ordinateurs seulement, particulièrement dans le secteur de la fabrication.

Des investissements complémentaires autres que dans les technologies de pointe sont nécessaires. C'est ce que souligne notre constatation que la R-D est un déterminant important de la croissance de la part de marché d'un établissement. Une stratégie de R-D est un facteur complémentaire qui contribue à l'élaboration de nouveaux produits, au même titre qu'une stratégie d'innovation de pointe. Le fait que la R-D, comme nous le constatons, influe davantage sur la croissance de la part de marché que sur la croissance de la productivité montre bien que cette activité a un effet plus important côté produit que côté procédé (Baldwin et Hanel, 2003).

Même si nous constatons que la concentration sur une vaste gamme de technologies est associée au succès, nous faisons une mise en garde : il n'y a pas lieu de conclure que toute la croissance observée est attribuable aux types particuliers de technologies de pointe que nous décrivons dans la présente étude. Dans toute population, les entreprises dont le rendement est élevé sont généralement celles qui sont les plus accomplies (Baldwin et Gellatly, 2003). Baldwin (1996) ainsi que Baldwin et Johnson, (1998, 1999) signalent que les entreprises qui augmentent leur part de marché ou améliorent leur productivité relative généralement mettent davantage l'accent sur toute une gamme de compétences, y compris compétences en gestion, capacités technologiques et d'innovation, rassemblement des fonds nécessaires aux investissements dans les technologies

de pointe et perfectionnement des ressources humaines afin d'accroître leur bassin de travailleurs qualifiés.

Dans le présent document, nous montrons également l'importance d'une stratégie globale, même si le champ de notre enquête était un peu plus restreint que dans des documents antérieurs. Lorsque nous incluons une variable qui indique l'accent global mis sur les progrès technologiques, elle a pour effet de réduire sensiblement la signification de nos variables technologiques qui mesurent le lien entre des technologies de pointe données et le rendement sur le marché. Malgré les efforts considérables que nous avons déployés pour dresser la liste des technologies de pointe de concert avec un groupe de spécialistes, nous ne pouvons prétendre que même notre liste élargie de types particuliers de technologies est exhaustive. Toutefois, nous sommes d'avis que nos recherches permettent de conclure que l'accent mis de façon générale sur l'utilisation des technologies de pointe est l'une des clés du succès.

Nous constatons qu'une grande partie de l'évolution sur laquelle porte notre étude, que ce soit sur le plan de la croissance de la productivité ou de l'évolution de la part de marché, est idiosyncratique. Nous avons constaté qu'il est difficile d'expliquer le processus de croissance au niveau de l'établissement. Les coefficients de corrélation pour l'équation de la croissance de la part de marché sont généralement faibles. Il en est de même des équations de la croissance relative de la productivité lorsqu'on exclut l'intensité de capital. La croissance est un processus nettement stochastique qui résulte de la mise à l'essai de différentes stratégies par les entreprises. Certaines entreprises prospèrent après avoir adopté la stratégie qui convient le mieux dans l'environnement particulier dans lequel elles mènent leurs activités. Cette constatation qualifie les principales conclusions de la présente étude. Bien qu'il existe un lien entre l'adaptation technologique et le succès, il ne s'agit pas du seul facteur qui explique le rendement sur le marché. Un grand nombre d'autres facteurs interviennent également.

Cela ne veut pas dire que nous devrions rejeter la conclusion selon laquelle une stratégie d'adoption de technologies de pointe est associée à un rendement supérieur. Étant donné qu'un grand nombre de facteurs interviennent dans le processus de croissance, notre conclusion à l'existence d'un rapport entre le succès et l'adoption de technologies de pointe laisse supposer qu'il s'agit d'un domaine important. En outre, le fait que plusieurs études, fondées sur des données de différentes enquêtes utilisées d'un certain nombre de façons différentes, ont abouti à des résultats semblables (Baldwin, 1996; Baldwin et Johnson, 1998; Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995; Baldwin, Sabourin et Smith, 2002) renforce l'argument selon lequel une stratégie d'innovation axée sur la technologie est un déterminant important de la croissance.

Enfin, nous devrions souligner que la structure industrielle importe de façon générale. Le Canada est une petite économie ouverte dans laquelle des multinationales mènent des activités dans le secteur de la fabrication. Des études antérieures ont montré que la productivité de ces multinationales est plus élevée que celle des établissements canadiens (Baldwin et Dhaliwal, 2001). Dans la présente étude, nous constatons également qu'elles ont tendance à être plus productives, mais le degré de signification statistique n'est pas élevé lorsque nous incluons toutes les variables technologiques et de R-D — bien que cela tienne peut-être en partie à la petite taille de l'échantillon utilisé aux fins de l'analyse multivariée. Nous en arrivons à la conclusion que la différence entre les établissements étrangers et canadiens tient principalement à l'accent mis sur

les technologies. Cette conclusion cadre avec les résultats de Baldwin, Hanel et Sabourin (2002) qui déclarent que les entreprises étrangères sont généralement plus novatrices que les entreprises canadiennes mais que, dans une régression multivariée, cet écart est sensiblement plus faible lorsqu'on tient compte des différences en ce qui a trait au rendement sur le plan de la R-D et aux autres compétences technologiques.

Annexe A : Analyse des principales composantes des fins auxquelles le réseau de communications est utilisé

Tableau A1. Vecteurs propres des principales composantes des fins auxquelles le réseau de communications est utilisé

Fins auxquelles le réseau de communications est utilisé	*COMNET1*	*COMNET2*	*COMNET3*	*COMNET4*	*COMNET5*
Commande de produits	0,243	0,073	-0,060	0,541	-0,587
Suivi du rythme de la production	0,296	-0,278	0,118	-0,135	-0,060
Maintenance en ligne	0,208	-0,110	0,723	0,100	0,344
Suivi des ventes et des stocks	0,326	-0,235	-0,197	-0,078	-0,181
Suivi de la distribution	0,284	-0,170	-0,059	-0,273	-0,197
Échange d'information technologique	0,218	0,397	0,252	0,391	-0,112
Comptabilité et finances	0,307	-0,136	-0,290	0,159	0,161
Ressources humaines	0,275	-0,068	0,033	-0,005	0,216
Système de planification de gestion	0,300	-0,121	0,045	-0,131	0,036
Commercialisation/information sur la clientèle	0,249	0,406	-0,036	-0,120	-0,019
Opérations financières	0,237	0,069	-0,485	0,282	0,564
Information de consommation	0,167	0,566	-0,081	-0,525	-0,070
Information sur l'état de la production	0,300	-0,233	0,069	-0,183	-0,170
Consultation générale	0,281	0,286	0,136	0,011	0,150
	COMNET6	*COMNET7*	*COMNET8*	*COMNET9*	*COMNET10*
Commande de produits	0,183	0,428	-0,173	-0,134	0,115
Suivi du rythme de la production	-0,388	0,072	0,214	-0,096	0,258
Maintenance en ligne	0,046	0,379	-0,198	0,226	-0,007
Suivi des ventes et des stocks	-0,067	-0,092	-0,066	0,005	-0,191
Suivi de la distribution	0,313	0,044	0,160	0,647	-0,260
Échange d'information technologique	-0,208	-0,344	0,558	0,154	-0,165
Comptabilité et finances	-0,035	-0,151	-0,262	0,095	-0,304
Ressources humaines	0,619	-0,181	0,349	-0,296	0,262
Système de planification de gestion	0,215	-0,014	-0,005	-0,428	-0,130
Commercialisation/information sur la clientèle	0,101	-0,315	-0,411	0,291	0,583
Opérations financières	-0,175	0,331	0,157	0,123	0,153
Information de consommation	-0,052	0,467	0,158	-0,127	-0,125
Information sur l'état de la production	-0,426	-0,093	0,006	-0,095	0,269
Consultation générale	-0,112	-0,220	-0,367	-0,272	-0,399

Annexe B : Le processus de sortie

Tableau B1. Modèle logit des sorties (pondéré par établissement)

	Modèle logit des sorties
	Probabilité de survie
Intercepte	-2,045***
Productivité initiale	
Productivité – 1993	-0,348**
Utilisation des technologies de pointe (1993)	
Un seul groupe de TIC	-0,390
Deux groupes de TIC	-0,763***
Tous trois groupes de TIC	-0,459
Taille initiale de l'établissement	
Effectif –1993	-0,0001
Âge de l'établissement	
Âge2	0,321
Âge3	0,679***
Concurrence	
Compet2	0,237
Compet3	0,187
Fait de la R-D	
Fait de la R-D (1993)	0,109
Région (1993)	
Québec	0,271
Ontario	0,579*
Prairies	0,709**
Colombie-Britannique	0,081
Statistiques sommaires	
Nombre d'observations	1946
χ^2	37,9

Bibliographie

Armstrong, P., T. Harchaoui, C. Jackson et F. Tarkhani. 2002. *Une comparaison de la croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'âge de l'information 1981-2000 : L'importance de l'investissement dans les technologies de l'information et des communications.* Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF2002001. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R. 1995. *The Dynamics of Industrial Competition. A North American Perspective.* Cambridge: Cambridge University Press.

Baldwin, J.R. 1996. "Innovation: The Key to Success in Small Firms." Dans J. de la Mothe et G. Paquette (dir.) *Evolutionary Economics and the New International Political Economy.* Londres : Pinter.

Baldwin, J.R. 1996. "Productivity Growth, Plant Turnover and Restructuring in the Canadian Manufacturing Sector." Dans *Sources of Productivity Growth*, sous la direction de D. Mayes. Cambridge: Cambridge University Press.

Baldwin, J.R. 1999. *Innovation, formation et réussite.* Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF1999137. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R. et M. Brown. 2001. *Dynamique du secteur canadien de la fabrication dans les régions métropolitaines et rurales.* Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF2001169. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada. Aussi publié sous "The Changing Geography of the Canadian Manufacturing Sector in Metropolitan and Rural Regions, 1976-97." *The Canadian Geographer* 47(2) : 116-34.

Baldwin, J.R., W. Chandler, C. Le et T. Papailiadis. 1994. *Stratégies de réussite : Profil des petites et des moyennes entreprises en croissance (PMEC) au Canada.* N° 61-523R E au catalogue. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R. et N. Dhaliwal. 2001. "Hétérogénéité de la croissance de la productivité du travail dans le secteur de la fabrication : Comparaison entre les établissements sous contrôle canadien et étranger." Dans *Croissance de la productivité au Canada.* N° 15-204 au catalogue, p. 65-81. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R., B. Diverty et D. Sabourin. 1995. *Technology Use and Industrial Transformation: Empirical Perspectives* dans T. Courchesne (dir.) *Technology, Information, and Public Policy.* John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy. Kingston, Ontario: Queens University.

Baldwin, J.R. et G. Gellatly. 2003. *Innovation Strategies and Performance in Small Firms.* Cheltenham, Royaume-Uni : Edward Elgar.

Baldwin, J.R. et J. Johnson. 1996. "Business Strategies in Innovative and Non-Innovative Firms in Canada." *Research Policy* 25 : 785-804.

Baldwin, J.R. et J. Johnson. 1998. "Innovator Typologies, Related Competencies, and Performance" dans *Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective*. Sous la direction de G. Eliasson, C. Green et C. McCann Jr. Ann Arbor, MI : The University of Michigan Press, p. 227-53.

Baldwin, J.R. et J. Johnson. 1999. "Entry, Innovation and Firm Growth." Dans *Are Small Firms Important? Their Role and Impact*. Sous la direction de Z. Acs. Dordrecht : Kluwer, p. 51-71.

Baldwin, J.R. et P. Hanel. 2003. *Knowledge Creation and Innovation in an Open Economy*. Cambridge : Cambridge University Press.

Baldwin, J.R., E. Rama et D. Sabourin. 1999. *Croissance de l'utilisation des technologies de pointe dans le secteur canadien de la fabrication durant les années 90*. Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF1999105. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada. Aussi publié en version abrégée sous "Utilisation des technologies de pointe dans l'industrie de la fabrication pendant les années 1990." Dans *L'observateur économique canadien*. N° 11-010 au catalogue. Mars 2000 : 3.1-3.11

Baldwin, J.R. et D. Sabourin. 2001. *Impact de l'adoption des technologies de l'information et des communications de pointe sur la performance des entreprises du secteur de la fabrication au Canada*. Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF2001174. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada. Également publié sous *Impact of the Adoption of Advanced Information and Communication Technologies on Firm Performance in the Canadian Manufacturing Sector*. OECD STI Working paper 2002/1, Statistical Analysis of Science, Technology and Industry. Directorate for Science, Technology and Industry. OCDE : Paris.

Baldwin, J.R. et D. Sabourin. 2002. "Advanced technology use and firm performance in Canadian manufacturing in the 1990s." *Industrial and Corporate Change* 11(4) : 761-89.

Baldwin, J.R., P. Hanel et D. Sabourin. 2002. "Determinants of Innovative Activity in Canadian Manufacturing Firms." Dans *Innovation and Firm Performance*, sous la direction de A. Kleinknecht et P. Mohnen. Houndsmith, Basingstroke, Hampshire : Palgrave.

Baldwin, J.R., D. Sabourin et D. Smith. 2002. *Améliorer la salubrité des aliments et la productivité : Utilisation de la technologie dans le secteur de la transformation des aliments au Canada*. Série de documents de recherche sur les études analytiques 11F0019MIF2003168. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R., D. Sabourin et M. Rafiquzzaman. 1996. *Avantages et problèmes liés à l'adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada*. N° 88-514 au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R., D. Sabourin et D. West. 1999. *Technologie de pointe dans le secteur de la transformation des aliments au Canada*. N° 88-518 au catalogue. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

Caves, R.E. 1982. *Multinational Enterprise and Economic Analysis*. Cambridge : Cambridge University Press.

Dilling-Hansen, M., T. Eriksson, E. Madsen et V. Smith. 1999. "The Impact of R&D on Productivity: Evidence from Danish Firm-level Data." Conférence internationale sur Comparative Analysis of Enterprise Data, Hague, Les Pays-Bas.

Greene, W. 1997. *Econometric Analysis*. Troisième édition. New Jersey: Prentice-Hall.

Hausman, J. 1978. "Specification Tests in Econometrics". *Econometrica* 48: 697-720.

Hall, B. et J. Mairesse. 1995. "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms." *Journal of Econometrics* 65: 265-93.

Himmelberg, C.P. et B.C. Petersen. 1994. "R&D and Internal Finance: A panel Study of Small Firms in High-Tech Industries." *Review of Economics and Statistics* 76 : 38-51.

Hsiao, C. 1986. *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press.

Lichtenberg, F.R. et D. Siegel. 1991. "The Impact of R&D Investment on Productivity: New Evidence using Linked R&D-LRD Data." *Economic Inquiry* 29 : 203-28.

McGuckin, R., M. Streitwieser et M. Doms. 1998. "The Effect of Technology Use on Productivity Growth." *Economics of Innovation and New Technology*, 7 : 1-26.

Nelson, R. et S. Winter. 1982. *Evolutionary Theory of Economic*. Cambridge, MA : Harvard University Press.

Pindyck, R. et D. Rubinfeld. 1998. *Econometric Models and Economic Forecasts*. Quatrième édition. Irwin.

Sabourin, D. et D. Beckstead. 1999. Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada 1998. Document de travail ST-99-05. Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique. Ottawa : Statistique Canada.

Saha, A., O. Capps Jr. et P. Byrne. 1997. "Calculating Marginal Effects in Models for Zero Expenditures in Household Budgets Using a Heckman-type Correction." *Applied Economics* 49 : 1311-1316.

Ten Raa, T. et E. Wolff. 1999. *Engines of Growth in the U.S. Economy*. ECIS/SCED Conference on Economic Growth, Trade and Technology, 3-4 Octobre, Eindhoven.

Van Meijl, H. 1995. "Endogenous Technological Change: The Case of Information Technology. Theoretical Considerations and Empirical Results". MERIT, University of Limburg, Maastricht, p. 289.

Zietsma, D. et D. Sabourin. 2001. "Différences de productivité entre les provinces." *L'observateur économique canadien*. No 11-010 au catalogue. Août 3.1-3.10. Ottawa : Statistique Canada.

ANALYSE ÉCONOMIQUE
DOCUMENTS DE RECHERCHE

No.001 Une comparaison de la croissance économique au Canada et aux États-Unis à l'âge de l'information 1981-2000 : L'importance de l'investissement dans les technologies de l'information et des communications, ***Philip Armstrong, Tarek M. Harchaoui, Chris Jackson et Faouzi Tarkhani (1 mars 2002)***

No.002 Parité de pouvoir d'achat : Le cas du Canada et des États-Unis, ***Beiling Yan (mai 2002)***

No.003 L'importance accrue des producteurs plus petits dans le secteur de la fabrication : Comparison Canada/Etats-Unis, ***John Baldwin, Ron S. Jarmin et Jianmin Tang (mai 2002)***

No.004 Statistiques sur le commerce des sociétés affiliées à l'étranger – 1999 : La livraison des biens et des services sur les marchés internationaux, ***Colleen Cardillo (avril 2002)***

No.005 Volatilité de l'emploi au niveau régional dans le secteur canadien de la fabrication : Les effets de la spécialisation et du commerce, ***John Baldwin, W.Mark Brown (11 avril 2003)***

No.006 Antécédents de croissance, degré de concentration des connaissances et structure financière des petites entreprises, ***Guy Gellatly, S.Thornhill, A.Riding (06 août 2003)***

No.007 Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre conventionnel d'estimation de la productivité, ***Tarek M. Harchaoui, Dmitry Kabrelyan, Rob Smith (le 1 novembre 2002)***

No.008 Vaincre les distances, vaincre les frontières : comparaison des échanges régionaux en Amérique du Nord, ***W.Mark Brown (16 avril 2003)***

No.009 L'impact des émissions de gaz à effet de serre sur la croissance de la productivité au Canada, 1981-1996 : une approche expérimentale, ***Tarek M. Harchaoui et Pierre Lasserre (le 1 novembre 2002)***

No.010 Une approche frontière de la productivité multifactorielle au Canada et aux Etats-Unis, ***Kais Dachraoui, Tarek M. Harchaoui (le 3 avril 2003)***

No.011 Participation aux marchés d'exportation et productivité du secteur canadien de la fabrication, ***John R.Baldwin, Wulong Gu (le 13 août)***

No.012 Effet de l'utilisation des technologies de pointe sur le rendement des entreprises du secteur canadien de la transformation des aliments, ***John R.Baldwin, David Sabourin et David Smith (le 3 juin 2003)***

No.013 Statistiques sur le commerce des sociétés affiliées à l'étranger – Opération canadiennes à l'étranger 1999 à 2001, ***Division de la balance des paiements, par Michael Marth (mai 2003)***

No.014 Effect de la réduction des tarifs sur la taille et sur le roulement des entreprises dans le secteur canadien de la fabrication, ***Wulong Gu, G.Sawchuk, L.Whewell (le 19 août)***

No.015 Les sources de la croissance des émissions de CO2 du secteur canadien des entreprises, 1990 à 1996, ***par Kaïs Dachraoui, Gerry Gravel, Tarek M. Harchaoui et Joe St. Lawrence (septembre 2003)***

No.016 Répercussions du travail autonome sur la croissance de la productivité du travail: Comparison Canada-États-Unis, ***John R. Baldwin, James Chowhan (le 21 août 2003)***

No.017 Le capital public et sa contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada, ***Tarek M. Harchaoui et Faouzi Tarkhani (le 12 novembre 2003)***

No.018 Prospérité et productivité : Une comparaison Canada-Australie, ***Tarek M. Harchaoui, Jimmy Jean et Faouzi Tarkhani (le 09 décembre 2003)***

No.019 Exode, rationalisation ou concentration? Analyse des sièges sociaux au Canada, 1999 à 2002, ***John Baldwin, Desmond Beckstead et Mark Brown (le 08 décembre 2003)***

No.020 Effet de l'évolution de l'utilisation des technologies sur le rendement des établissements dans le secteur de la fabrication au Canada, ***John Baldwin et David Sabourin (27 juillet 2004)***

No.021 Concurrence industrielle, évolution des parts de marché et croissance de la productivité, ***John Baldwin et Wulong Gu (22 juillet 2004)***